



Guilherme José do Pilar Viegas

Licenciado em Ciências de Engenharia Mecânica

**Levantamento, identificação e classificação
de dados para a gestão da manutenção
numa empresa industrial**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Orientador: Doutor António José Freire Mourão,
Professor Associado da Faculdade de Ciências e Tecnologia
da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professor Doutor António Gabriel Marques Duarte dos Santos.

Vogais: Professor Doutor António José Freire Mourão.
Professor Doutor João Manuel Vicente Fradinho.
Engenheiro Marco Ivo Monteiro.



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2014

Guilherme José do Pilar Viegas

Licenciado em Ciências da Engenharia Mecânica

**Levantamento, identificação e classificação de dados para a gestão da
manutenção numa empresa industrial**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de
Lisboa para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Setembro de 2014

Levantamento, identificação e classificação de dados para a gestão da manutenção numa empresa industrial

Nota: Esta dissertação não foi escrita ao abrigo do novo acordo ortográfico de 1990

COPYRIGHT © Guilherme José do Pilar Viegas, Faculdade de Ciências e tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de dirigir os meus sinceros agradecimentos a todos os elementos da empresa FISIFE, que me acolheram durante o período de estágio e que a todos os níveis muitos ensinamentos me transmitiram.

Ao Eng.º Marco Monteiro e ao Eng.º Monteiro dos Santos , gostaria de agradecer a oportunidade que me foi concedida para realizar o estágio numa organização prestigiada e de dimensão superior como a FISIFE.

Ao Professor Doutor António Mourão um especial agradecimento por me ter apoiado, ajudado e pela sabedoria que me transmitiu durante todo este período de estágio.

Dedico também um especial agradecimento ao corpo docente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa pela espectacular formação que tive a possibilidade de receber durante todo o meu percurso académico.

A todos os meus colegas com quem tive a oportunidade de trabalhar, e aos quais não podia deixar de manifestar a minha consideração.

Um agradecimento final à minha família e à minha namorada que ao meu lado sempre demonstraram apoio incondicional em todos os momentos durante este percurso.

Resumo

O presente trabalho refere-se à análise de conceitos gerais de manutenção e sua gestão, aplicados a uma indústria de produção de fibra têxtil sintética.

Contempla uma primeira fase de organização e segmentação de um registo histórico de dados, para a identificação de equipamentos críticos e o seu impacto a nível capital na instalação industrial, e uma outra fase de caracterização de tipos de avaria comuns para a definição de um plano de acções.

Neste contexto o trabalho visa o estudo de um equipamento essencial ao processo produtivo, pois a ocorrência de uma avaria/falha traduz-se na paragem da máquina e consequentemente perda na produção. Partindo dos dados organizados sobre avarias comuns identificam-se as causas raiz, com recurso a diagramas de causa e efeito.

Acrescenta-se uma análise dos investimentos necessários para cumprir algumas das acções do plano.

A estrutura de dados realizada permite à empresa dispor de uma nova ferramenta de apoio à gestão da manutenção, com vista a uma melhor preparação de trabalhos futuros e consequente aumento da produtividade.

Abstract

This dissertation refers to the maintenance overhaul concepts and its managements, applied to an industrial production company of synthetic textile fibre.

The approach phase covers the organization and segmentation of historic data records in order to identify critical equipment and assess its economic impact; the development phase concerns about characterizing common malfunction types for the assignment of an action plan.

Within this context the present dissertation seeks studying an essential equipment for productive process, once its malfunction means the shutdown of equipment and thereby productivity loss. Departing from organized data which contains the common malfunctions it was identified the failure mode and effect analysis (FMEA) through cause and effects diagrams.

An investment analysis necessary to fulfil the proposed action plan is also done herein.

The realized organization of data allows the use of a new tool to support maintenance management, in order to a better preparation for future works increasing productive efficiency.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e objectivos	1
1.2. Estrutura da dissertação.....	1
2. Manutenção industrial	3
2.1. Notas breves sobre o conceito de manutenção	3
2.2. Evolução da manutenção	4
2.3. Importância e objectivos da manutenção para a empresa	7
2.3.1. Manutenção preventiva	9
2.4. Tipos de manutenção.....	9
2.4.1. Manutenção preventiva sistemática.....	10
2.4.2. Manutenção preventiva condicionada	11
2.4.3. Manutenção correctiva planeada	12
2.4.4. Manutenção curativa	12
2.4.5. Manutenção correctiva não planeada	13
2.5. Custos da manutenção	13
2.5.1. Custos directos	14
2.5.2. Custos indirectos	15
3. Gestão da Manutenção.....	19
3.1. A necessidade de um sistema de gestão da manutenção	19
3.2. Técnicas da gestão da manutenção	19
3.2.1. Manutenção Preventiva	20
3.2.2. Gestão de <i>stocks</i> e aprovisionamentos	20
3.2.3. Sistema de ordens de trabalho	21
3.2.4. Sistema informatizado de gestão da manutenção	21
3.2.5. Formação profissional	22
3.2.6. Envolvimento dos operadores dos equipamentos.....	22
3.2.7. Manutenção preventiva preditiva	23

3.2.8.	Manutenção centrada na fiabilidade (<i>Reliability Centered Maintenance</i>)	23
3.2.9.	Manutenção produtiva total (<i>Total Productive Maintenance</i>)	23
3.2.10.	Análise de custo-benefício	24
3.2.11.	Melhoria contínua.....	25
3.3.	Softwares de apoio à gestão da manutenção.....	25
3.3.1.	Objectivos dos <i>softwares</i>	26
3.3.2.	Requisitos funcionais do <i>software</i>	26
3.3.3.	Vantagens e desvantagens	27
3.3.4.	Exemplos de <i>softwares</i> utilizados	28
4.	A Empresa - FISIFE.....	33
4.1.	Caracterização da empresa	33
4.1.1.	Organização da empresa.....	33
4.1.2.	Actividades desenvolvidas	34
4.1.3.	Os produtos da FISIFE	35
4.2.	Gestão da manutenção na FISIFE	36
4.2.1.	Fluxo de trabalho.....	37
4.2.2.	Identificação de equipamentos e locais de trabalho	39
5.	Caso de estudo	41
5.1.	Definição do caso	41
5.2.	Apresentação do registo de histórico de dados	41
5.3.	Metodologia para a análise dos dados	43
5.4.	Análise dos dados.....	45
5.4.1.	Consulta do registo histórico de dados	45
5.4.2.	Tratamento em folha de cálculo	45
5.4.3.	Análise através de diagramas	47
5.4.4.	Identificação dos equipamentos críticos.....	51
5.4.5.	Análise do impacto da lista de equipamentos na empresa.....	53
5.4.6.	Exemplos de outras aplicações da metodologia	55
5.4.7.	Classificação do tipo de avaria	57
5.5.	Plano de acção para um caso – Cabeças dos rolos da máquina de <i>Spinning</i>	67

5.5.1.	Descrição da cabeça da máquina de <i>Spinning</i> e respectivo funcionamento	67
5.5.2.	Análise técnico-económica de propostas de soluções alternativas.....	73
6.	Conclusão	77
7.	Proposta de Melhoria	79
8.	Referências	81
Anexos		83
	Anexo 1 – Classificação ABC	85
	Anexo 2 – Mapas comparativos de retentores e de o-rings.....	87
	Anexo 3 – BP – Castrol Tribol 800	89
	Anexo 4 – Galp FF N°15218PF.....	93
	Anexo 5 – Características do material – Kalrez	95

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Fluxograma da dissertação.....	2
Figura 2.1 – Evolução dos requisitos da manutenção, adaptado de [4].....	6
Figura 2.2 – Mudança da mentalidade da manutenção, adaptado de [4].....	6
Figura 2.3 – Importância crescente da manutenção, adaptado de [1].....	7
Figura 2.4 – Ligação entre a manutenção e a rentabilidade, adaptado de [6].....	8
Figura 2.5 – Tipos de manutenção	10
Figura 2.6 – Ferramentas de manutenção condicionada.....	12
Figura 2.7 – Custos directos e indirectos de manutenção, adaptado de [7].....	13
Figura 3.1 – Estrutura de um sistema de gestão da manutenção, adaptado de [9]	20
Figura 4.1 – Organograma da FISIFE	34
Figura 4.2 – Fibras comercializadas pela FISIFE [20].....	36
Figura 4.3 – Organograma do Departamento de Manutenção Mecânica	37
Figura 4.4 – Fluxograma de funcionamento em situações de manutenção correctiva	38
Figura 5.1 – Fluxograma de análise de dados	44
Figura 5.2 – Gráfico de Pareto para ordens de trabalho (até um acumulado de 50%)	48
Figura 5.3 – Gráfico de Pareto para custos (até um acumulado de 50%).....	50
Figura 5.4 – Gráfico de Pareto para horas (até um acumulado de 50%).....	51
Figura 5.5 – Gráfico circular para ordens.....	54
Figura 5.6 – Gráfico circular para custos	54
Figura 5.7 – Gráfico circular para horas.....	55
Figura 5.8 – Exemplo de tabela dinâmica em Excel	56
Figura 5.9 – Fluxograma para classificação de avaria	57
Figura 5.10 – Representação dos custos e respectivos pesos percentuais nas categorias de manutenção criadas.....	64
Figura 5.11 – Diagrama de Ishikawa para válvulas manuais	65
Figura 5.12 – Diagrama de Ishikawa para válvulas automáticas	65
Figura 5.13 – Diagrama de Ishikawa para a serpentina.....	66
Figura 5.14 – Diagrama de Ishikawa para bombas de recirculação	66
Figura 5.15 – Diagrama de Ishikawa para rolos	66
Figura 5.16 – Ilustração da máquina de <i>Spinning</i>	67
Figura 5.17 – Representação esquemática da montagem cabeça – rolo (sem rigor do pormenor)	69
Figura 5.18 – Fuga de vapor entre os componentes	70
Figura 5.19 – Diagrama de Ishikawa para Cabeças	70
Figura 5.20 - Diagrama de Ishikawa para cabeças após <i>brainstorming</i>	71

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 – Vantagens e desvantagens da implementação de um <i>software</i> de gestão, adaptado de [13]	27
Tabela 5.1 – Exemplo de organização dos dados exportados do <i>software</i> SAP	42
Tabela 5.2 – Extracto da tabela dinâmica para visualização dos dados de uma forma mais organizada	46
Tabela 5.3 – Tabela de Pareto para ordens de trabalho	48
Tabela 5.4 – Tabela de Pareto para custos	49
Tabela 5.5 – Tabela de Pareto para horas	50
Tabela 5.6 – Intersecção dos equipamentos de acordo com os critérios	51
Tabela 5.7 – Classificação ABC de equipamentos de acordo com a sua criticidade	52
Tabela 5.8 – Lista de equipamentos para estudo de acordo com a criticidade	53
Tabela 5.9 – Exemplo de tabela com informação sobre trabalhos realizados em paragens programadas das SPM's 1 a 10	59
Tabela 5.10 – Tabela exemplo de caracterização de avarias	60
Tabela 5.11 – Tabela dinâmica para categorias de manutenção	61
Tabela 5.12 – Tabela de Pareto para trabalhos	62
Tabela 5.13 – Tabela de Pareto para custos	62
Tabela 5.14 – Tabela de Pareto para horas	62
Tabela 5.15 – Intersecção das categorias resultantes em Pareto	63
Tabela 5.16 – Plano de acção	72
Tabela 5.17 – Tabela de preços de óleos	74
Tabela 5.18 – Consumos anuais de óleo	74
Tabela 5.19 – Custos associados à troca de retentores para o ano 2013	74
Tabela 5.20 – Estimativa de custos associados às fugas de óleo	75
Tabela 5.21 – Estimativa do investimento para retentor de teflon e de kalrez	75
Tabela 5.22 – Estimativas dos tempos de amortização para as duas soluções	75

Lista de acrónimos

AFNOR	Association Française de Normalisation [French Standards Institute]
APA	Armazenagem de Fibra
BSI	British Standards Institute
CB	Corte e Embalagem
CMMS	Computerized Maintenance Management
CP	Polimerização Contínua
CUF	Companhia União Fabril
DIN	Deutsches Institut für Normung [German Institute for Standardization]
DP	Preparação de Xarope
IP	Instalação Piloto
LB	Laboratórios
OE	Fiação Open
RBM	Risk Based Maintenance
RCM	Reliability Centered Maintenance
SGL	SGL Group - The Carbon Company
SP	Spinning
SR	Recuperação de Solvente
TF	Parque de Tanques
TPM	Total Productive Maintenance
TT	Conversão Tow
UT	Utilidades
WS	Oficinas

1. Introdução

1.1. Enquadramento e objectivos

A presente dissertação tem como objecto de estudo um caso de manutenção industrial, enquadrado num ambiente industrial em articulação com a Faculdade, que incluiu uma permanência de cinco meses numa empresa de produção de fibra sintética.

Com o enquadramento acima definido, os objectivos da dissertação são apresentados de acordo com naturezas diferentes:

- a) Profissional – inserção em meio empresarial com vista à integração do conhecimento da realidade industrial nas tomadas de decisão de carácter técnico;
- b) Técnico-científica – utilização do conhecimento proveniente da formação académica;
- c) Metodológica – leitura de uma realidade e definição de acções com vista à definição de propostas para resolução de casos concretos;
- d) Empresarial – desenvolvimento de trabalho que seja útil para a empresa.

Durante a permanência na empresa, a actividade centrou-se na análise de um registo histórico de dados sobre a manutenção suportado no *software* SAP, para posterior identificação de equipamentos críticos e modos de falha comuns. Após o trabalho de classificação de dados e de identificação dos equipamentos críticos, foi feita uma análise às causas-raiz e foi definido um conjunto de acções de melhoria mediante a implementação de planos de acção e respectiva avaliação através de uma breve estimativa de custos.

Dado que o tema abordado é a manutenção industrial, precedeu-se a uma síntese de conhecimento sobre esta temática, tanto sob a perspectiva da evolução e tipos de manutenção, como a respectiva gestão e *softwares* mais comumente utilizados.

1.2. Estrutura da dissertação

A dissertação é constituída por seis capítulos. Na Figura 1.1 é apresentado o fluxograma do desenrolar das actividades ao longo do presente trabalho, a fim de cumprir com os objectivos propostos.

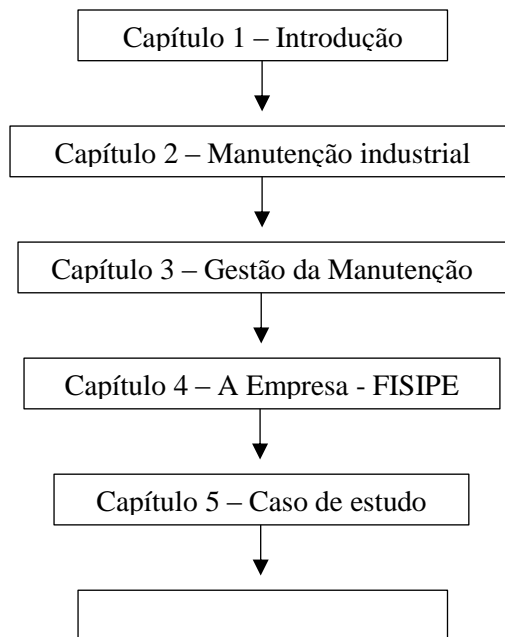


Figura 1.1 – Fluxograma da dissertação

No capítulo 1 é apresentado o enquadramento e objectivo desta dissertação, bem como a sua estrutura.

No capítulo 2 é feita uma revisão breve sobre conceitos teóricos relativos ao tema “manutenção industrial”. Neste capítulo aborda-se a definição do conceito de manutenção industrial, a sua evolução ao longo dos anos, a sua importância e objectivos perante as empresas, os vários tipos de manutenção existentes, e os custos associados.

No capítulo 3 é apresentada uma abordagem à gestão da manutenção, as técnicas utilizadas e os *softwares* de apoio mais comuns.

No capítulo 4 é realizado um resumo sobre a empresa objecto de estudo - a FISIFE -, especificando-se a sua organização, actividades desenvolvidas e produtos. Neste capítulo é feita também uma explicação breve sobre o modo de trabalho do Departamento de Manutenção da empresa.

O capítulo 5 dedica-se a expor todo o trabalho realizado durante a permanência do autor da dissertação na empresa. No início deste descreve-se o caso de estudo e é exposta a metodologia construída para análise do mesmo. Contempla toda a análise realizada a um registo histórico de dados para a identificação de equipamentos críticos, bem como as avarias comuns identificadas para esses equipamentos. No final deste capítulo são apresentadas algumas acções de melhoria, aplicadas a um caso concreto, e são expostas algumas estimativas de custos aos investimentos nessas acções.

No capítulo 6 estão apresentadas as conclusões para a empresa, do trabalho realizado e as conclusões globais sobre este projecto do ponto de vista do autor. Este capítulo termina com algumas propostas de melhoria sugeridas à empresa para aplicações futuras.

2. Manutenção industrial

2.1. Notas breves sobre o conceito de manutenção

Todo o equipamento ou bem tangível está sujeito a um processo de deterioração, especialmente, se estiver em actividade ou funcionamento para o qual foi concebido [1].

Manutenção é a função que tem o objectivo de garantir a disponibilidade mais eficiente dos equipamentos, utilidades e instalações relacionadas de produção a um custo ideal e em condições satisfatórias de qualidade, segurança e protecção para o meio ambiente [1].

A norma NP EN 13306 define a manutenção como a “Combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida ” [2].

A AFNOR (norma NF X 60–10) define a função manutenção como “Tudo o que é necessário para permitir que os equipamentos sejam mantidos, restaurados para uma condição específica ou aptos para executar um determinado serviço” [3].

Segundo a norma DIN 31051 a manutenção é “O conjunto de medidas destinadas a manter ou restaurar o equipamento à condição para o qual foi destinado originalmente, e para verificar e avaliar a sua condição actual” [3].

Para a norma BS 3811, a manutenção é definida da seguinte forma: “A combinação de todas as técnicas e medidas administrativas destinadas a manter ou restaurar determinado item, para um estado no qual pode executar a sua função” [3].

Durante anos a manutenção foi considerada como uma função subordinada, implicando uma perda inevitável de capital. Houve uma tendência de agrupá-la juntamente com a resolução de problemas e reparação de máquinas, que estavam sujeitas ao desgaste e obsolescência.

Na realidade, a função manutenção envolve muito mais que isso: tornou-se um esforço incessante para alcançar um compromisso entre as considerações técnico-económicas e técnico-financeiras. Ainda há um longo caminho a percorrer até que a função produtividade da manutenção seja totalmente compreendida. Para que isso aconteça, as pessoas têm que perceber que a manutenção não é meramente um “parceiro” da produção: é simplesmente um dos requisitos *sine qua non* para a produção. A sua relação com o desempenho do equipamento é uma questão de estratégia integrada num escalão superior de direcção. Como tal, a função manutenção torna-se numa função de gestão do total de activos físicos integrados.

Todo o ciclo começa, de facto, muito antes do arranque do equipamento. A fase de estudos de pré-investimento, por exemplo, é da maior importância para a escolha do material, tanto em termos do custo do ciclo de vida como em termos de desempenho adequado. Todavia, a fase de projecto terá que levar em conta a fiabilidade previsível dos equipamentos e, consequentemente, a respectiva manutenção. Se todas estas considerações forem subestimadas pela administração, pode-se dizer que

as perdas futuras na qualidade e na produção foram “contratadas” desde o início do projecto. Além disso, na ausência de um sistema de gestão da manutenção eficiente, uma vez que os equipamentos entrem em funcionamento, enormes problemas poderão surgir no que diz respeito a perdas de produtividade, qualidade, atrasos, meio ambiente e segurança.

Para alcançar o objectivo eficaz e eficientemente, a manutenção exige recursos humanos e materiais correctos e apropriados. Esta não pode tornar-se um “depósito” para o pessoal que não tem, por exemplo, as habilidades necessárias para a produção, e deve contar com um orçamento operacional para que possa funcionar como mais que apenas um serviço de reparações de emergência. Planeamento, organização e uma abordagem metódica do trabalho são essenciais para a gestão das actividades de manutenção. São necessários programas adequados na formação profissional, bem como na pesquisa e desenvolvimento na área de manutenção, para garantir que a qualidade do trabalho possa ser continuamente melhorada. Só então a função de manutenção poderá desempenhar plenamente o seu papel principal na produtividade, garantia de qualidade do produto acabado, segurança individual e protecção ambiental [3].

2.2. Evolução da manutenção

Ao longo dos últimos anos, a manutenção mudou, talvez mais que qualquer outra disciplina de gestão. As alterações devem-se a um grande aumento no número de variedade de activos físicos (fábricas, edifícios e equipamentos) que devem ser mantidos em todo o mundo, projectos muito mais complexos, novas técnicas de manutenção e mudança de pontos de vista sobre a organização e responsabilidade da manutenção.

A manutenção também responde às mudanças de expectativas. Estas incluem: a) um rápido crescimento da consciência de até que ponto a falha do equipamento afecta a segurança e o meio ambiente; b) uma crescente consciência da ligação entre manutenção e a qualidade do produto; c) o aumento da pressão para alcançar disponibilidade elevada da fábrica; e d) contenção de custos.

Em prol desta avalanche de mudanças, os gestores de todo o mundo procuram uma nova abordagem para a manutenção. Procuram um quadro estratégico que sintetize os novos desenvolvimentos e com um padrão coerente, para que possa ser avaliado e aplicado de forma sensata, criando uma mais-valia para os gestores e para as suas empresas [4].

Desde 1930 a evolução da manutenção pode ser repartida por três grandes períodos ou gerações [4]:

– Primeira geração

A primeira geração abrange o período até à segunda guerra mundial. Naquela época a indústria não era altamente mecanizada, deste modo o tempo de inactividade não era muito relevante. A prevenção de falha do equipamento não era uma prioridade nas mentes da maioria dos gestores. Ao mesmo tempo, a maioria dos equipamentos era simples o que os

tornava fáceis de reparar. Como resultado, não havia necessidade da aplicação de qualquer tipo de manutenção sistemática,; os sistemas eram mantidos através de rotinas simples de limpeza, manutenção e lubrificação. A necessidade de operadores com competências elevadas era muito menor da que se verifica hoje.

– Segunda geração

As coisas mudaram dramaticamente durante a segunda guerra mundial: inicia-se a segunda geração. As pressões do tempo de guerra aumentaram a procura por bens de todos os tipos, enquanto a oferta de mão-de-obra industrial caiu drasticamente. Isto levou a um aumento da mecanização. Na década de 1950 as máquinas passaram a ser de todos os tipos, mais complexas e mais numerosas.

Com o crescimento desta dependência, o tempo de inactividade tornou-se nitidamente um dos elementos de foco. Isto levou à ideia que as falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, o que por sua vez originou o conceito de manutenção preventiva. Durante os anos sessenta do século XX, a manutenção preventiva consistia principalmente na revisão dos equipamentos em intervalos de tempo fixos.

O custo da manutenção destacou-se rapidamente em relação a outros custos operacionais. Isto levou ao desenvolvimento dos sistemas de planeamento e controlo da manutenção. Estes ajudaram bastante a colocar a manutenção sob um ponto de vista controlado, e foram estabelecidos como parte da prática da desta.

Finalmente, a quantidade de capital investido nos activos fixos, juntamente com um aumento acentuado no custo desse capital, levou as pessoas a procurarem soluções pelas quais poderiam maximizar o tempo de vida útil dos seus activos.

– Terceira geração

Desde meados dos anos setenta, o processo de mudança na indústria adquiriu uma perspectiva ainda maior, procurando novas formas de maximizar a vida útil dos equipamentos produtivos, a sua disponibilidade, fiabilidade, segurança e qualidade, e um maior controlo sobre os custos de manutenção e produção [4]. E começa a terceira geração da manutenção.

Para se evitar situações, relacionadas com o aumento da automatização, como o aumento do número de avarias, a perda de produtividade e de qualidade, nos últimos anos foram desenvolvidas inúmeras técnicas como por exemplo a manutenção condicionada, ferramentas de suporte à decisão baseadas no risco, análises de modos e efeitos de falhas críticas (FMECA – *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*), análises de modos e efeitos de falhas (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*) e análises da árvore de falhas (FTA – *Failure Tree Analysis*) [5].

Pela evolução ao longo do tempo (ver Figura 2.1), a expectativa para a manutenção aponta para alguns conceitos a desenvolver, de forma a caminhar-se para a ausência de falhas dos equipamentos.

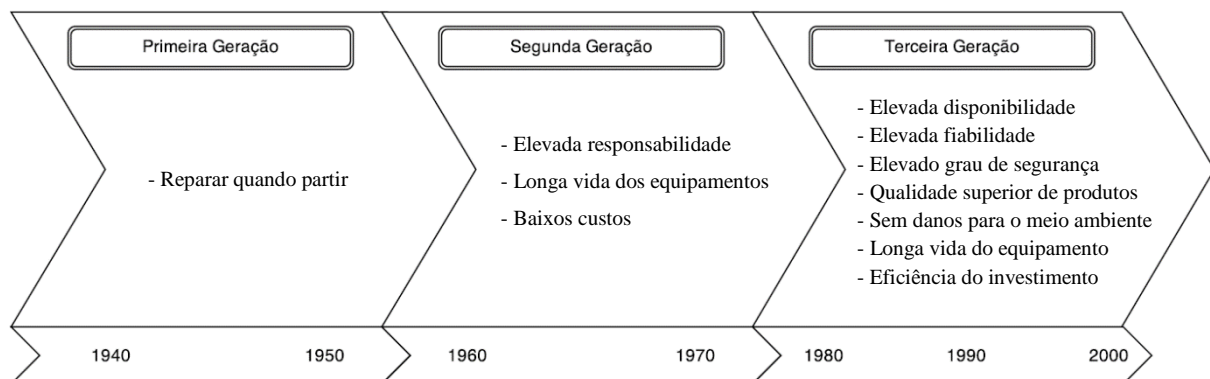


Figura 2.1 – Evolução dos requisitos da manutenção, adaptado de [4]

A paragem de equipamentos desde sempre afectou a capacidade produtiva reduzindo a produção e aumentando os custos operacionais. Nas décadas de 1960 e de 1970, esta já foi tida como um factor de importância elevada nos sectores de mineração, manufactura e transportes. Na fabricação, os efeitos do tempo de inactividade são agravados mundialmente pela evolução da mentalidade nos sistemas *just in time*, onde os *stocks* reduzidos dos trabalhos em andamento significam que pequenas avarias podem significar a paragem completa da fábrica. Nos últimos tempos, o crescimento da mecanização e automação fez com que a fiabilidade e a disponibilidade se tornassem questões chave nas mais variadas áreas como, por exemplo, saúde, telecomunicações e gestão de edifícios.

A Figura 2.2 mostra como a ênfase clássica em revisões e sistemas administrativos cresceu para incluir muitos dos novos desenvolvimentos num número diferente de campos.

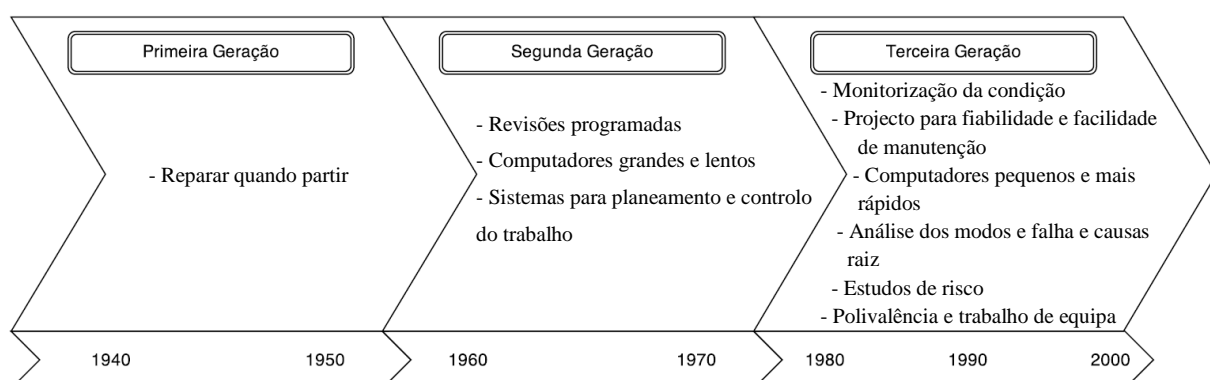


Figura 2.2 – Mudança da mentalidade da manutenção, adaptado de [4]

Hoje em dia, o maior desafio para o pessoal da manutenção é não só perceber e aprender estas novas técnicas, mas decidir quais as que realmente são importantes para aplicar nas suas próprias organizações. Se forem feitas as escolhas certas, é possível melhorar o desempenho dos activos, bem

como ao mesmo tempo, reduzir os custos operacionais e de manutenção. Por outro lado, se forem feitas as escolhas erradas, não só surgirão novos problemas mas também os já existentes tenderão a piorar.

2.3. Importância e objectivos da manutenção para a empresa

Cada vez mais, as vantagens competitivas das instalações industriais são suportadas em aspectos relacionados com a fiabilidade, gestão baseada no risco, eficiência e qualidade, por forma a aumentar a flexibilidade da produção.

Assim a manutenção tem vindo a tornar-se, ao longo dos anos, um vector fundamental na economia das empresas (Figura 2.3).

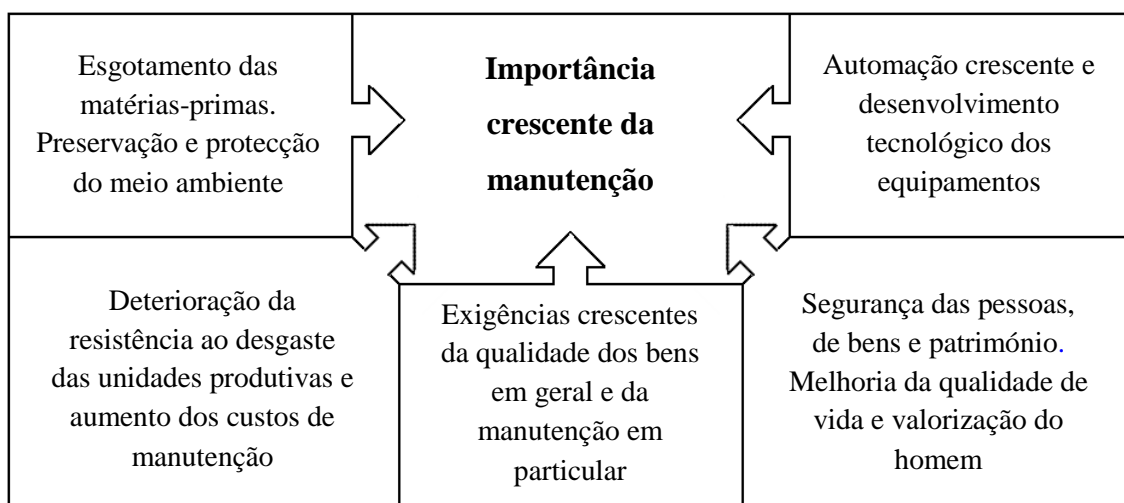


Figura 2.3 – Importância crescente da manutenção, adaptado de [1]

O objectivo principal da manutenção é garantir níveis de desempenho elevados das instalações, equipamentos e bens, reduzindo ao mínimo as perdas de produção e o seu tempo de imobilização, quer devido a falhas no planeamento da produção quer devido a avarias ou paragens forçadas.

De um modo geral uma estratégia de manutenção adequada e correctamente planeada traduz-se na maior disponibilidade dos equipamentos para as utilizações produtivas durante as horas programadas, minimizando os desperdícios e a um custo total reduzido. Assim, factores como a qualidade, o custo da reparação, a segurança e a disponibilidade devem ser factores de análise importantes. Desta forma, as metas da manutenção juntamente com a melhoria da produção que estas disponibilizam resultam num maior lucro para a empresa (Figura 2.4).

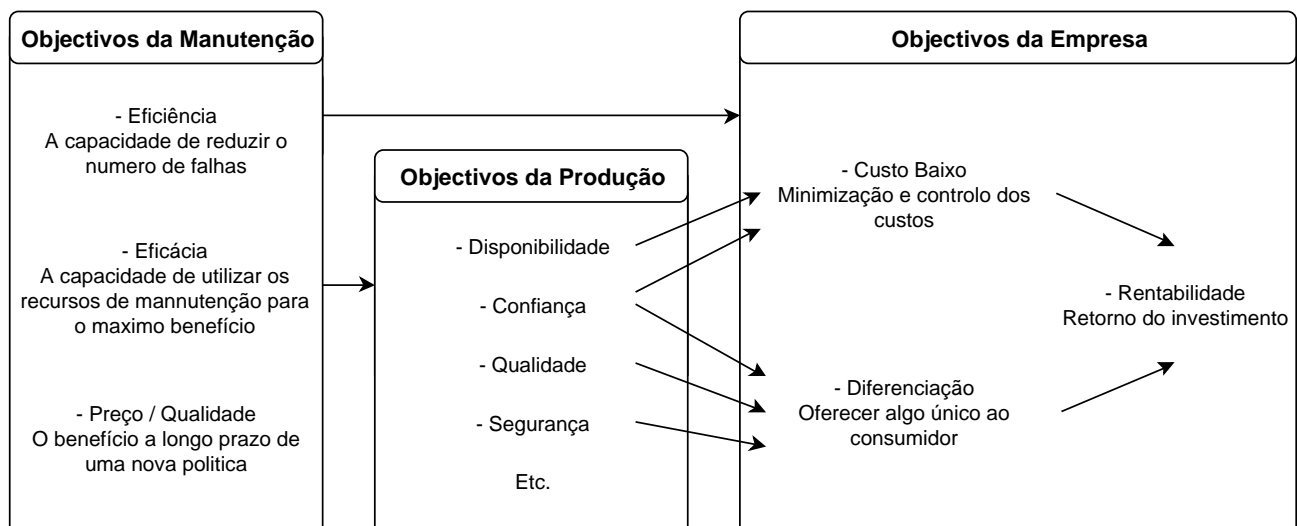


Figura 2.4 – Ligação entre a manutenção e a rentabilidade, adaptado de [6]

Em suma, podem definir-se como os principais objectivos da manutenção [3]:

- Optimizar a fiabilidade dos equipamentos e infra-estruturas;
- Ver, numa base contínua, que os equipamentos e infra-estruturas são mantidos em boas condições;
- Garantir a pronta reparação de emergência de modo a garantir a melhor disponibilidade para a produção;
- Melhorar, através do estudo de modificações, ampliações ou novos equipamentos de baixo custo, a produtividade dos equipamentos existentes ou a capacidade de produção;
- Assegurar o funcionamento do equipamento para produção e distribuição de energia e fluidos;
- Melhorar as condições de segurança dos trabalhos;
- Treinar pessoal em competências de manutenção específicas;
- Aconselhar a gestão da fábrica, bem como os departamentos de produção, de compras, de engenharia e de desenvolvimento nas áreas de aquisição, instalação e operação de máquinas;
- Desempenhar um papel contínuo para garantir a qualidade do produto acabado;
- Assegurar a protecção ambiental.

2.3.1. Manutenção preventiva

Como o próprio nome indica a manutenção preventiva representa todo o trabalho de prevenção de defeitos e ou falhas que possam surgir durante o tempo de funcionamento de determinado equipamento, originando a paragem ou a quebra de rendimento. É a programação das acções de manutenção, planeadas pelos gestores para a empresa, que têm como suporte informação baseada em recomendações dos fabricantes, estudos estatísticos, estado do equipamento, condições de funcionamento, entre outras.

O principal objectivo da aplicação de manutenção preventiva, por parte de um departamento de gestão, é o de evitar falhas e avarias antes que estas aconteçam, desta forma é possível um aumento da disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos, reduzindo o número de intervenções correctivas em períodos críticos para a produção, e uma redução dos custos de totais de manutenção. As acções de manutenção preventiva envolvem verificações dos equipamentos, pontos e periodicidade de lubrificações, mudanças de óleo, alteração ou substituição de componentes, limpezas, entre outras tarefas.

A existência de uma área dedicada ao planeamento da manutenção, constituída por pessoas qualificadas, é de extrema importância para que as acções de manutenção se tornem mais produtivas e eficazes, pois esse espaço será dedicado inteiramente à preparação do trabalho, racionalização e optimização de todas as tarefas.

2.4. Tipos de manutenção

Através da bibliografia corrente pode perceber-se que existem certas divergências quanto à classificação dos tipos de manutenção. Apesar de muitas vezes a classificação ser semelhante, são adaptadas de acordo com a cultura da empresa. Os nomes podem até variar, mas o conceito deve estar bem compreendido.

Apesar das divergências quanto à classificação dos tipos de manutenção, é comum por parte dos autores classificar a manutenção como planeada e não planeada, surgindo depois dentro desta caracterização a manutenção preventiva e correctiva. Os outros tipos resultantes de manutenção podem-se considerar subconjuntos da manutenção preventiva e correctiva (Figura 2.5).

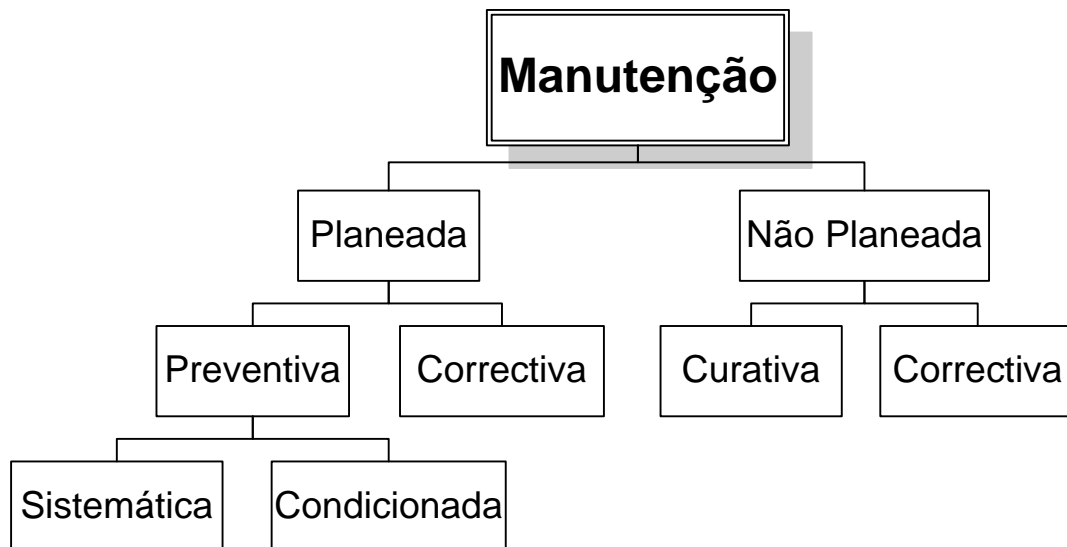


Figura 2.5 – Tipos de manutenção

2.4.1. Manutenção preventiva sistemática

A manutenção preventiva sistemática é executada com uma periodicidade fixa, fundamentada pela experiência ou pela informação cedida pelo fabricante do equipamento.

É normalmente utilizada nas operações de lubrificação, nas verificações periódicas obrigatórias e na substituição de componentes com custo reduzido [1].

Vantagens:

- O custo de cada operação de manutenção é predeterminado;
- A gestão financeira é simplificada;
- As operações e paragens são programadas de acordo com a produção.

Desvantagens:

- O custo de cada operação é elevado, devido à periodicidade;
- Existe maior possibilidade de erro humano, dada a frequência de intervenção;
- O custo da mão-de-obra é elevado, pois, de um modo geral, estas intervenções são feitas fora do horário de expediente;
- A desmontagem, ainda que superficial, incita à substituição de peças provocadas pela síndrome de precaução;
- A multiplicidade de operações aumenta o risco de introdução de novas avarias.

As paragens sistemáticas, ainda que planeadas têm um custo global elevado [1].

2.4.2. Manutenção preventiva condicionada

A manutenção preventiva condicionada, também chamada de manutenção preditiva, é efectuada no momento exacto, aquando da manifestação da necessidade, em função do estado dos componentes do equipamento.

É um tipo de manutenção preventiva, subordinada a um tipo de acontecimento predeterminado (autodiagnóstico), à informação de um sensor, a uma medida de um desgaste, ou outro indicador que possa revelar o estado de degradação do equipamento Figura 2.6.

É geralmente aplicada a máquinas vitais para a produção, a equipamentos cuja avaria compromete a segurança e a equipamentos críticos, com avarias caras e frequentes [1].

Vantagens:

- Aumento da longevidade dos equipamentos;
- Controlo mais eficaz de peças de reserva e sua limitação;
- Custo menor de reparação;
- Aumento da produtividade;

Descrição das várias fases:

- Primeira fase – Detecção do defeito que se desenvolve.

A detecção do defeito é efectuada normalmente pelo registo de vibrações ou através da medição de alguns parâmetros, tais como pressão, temperatura, aceleração, intensidade de corrente e caudal, etc.

- Segunda fase – Estabelecimento de diagnóstico.

Nesta fase localizam-se a origem e a gravidade dos defeitos.

- Terceira fase – Análise de tendência.

Faz-se um pré julgamento do tempo disponível antes da avaria, de modo a determinar o momento de início da vigilância apertada e prever a reparação.

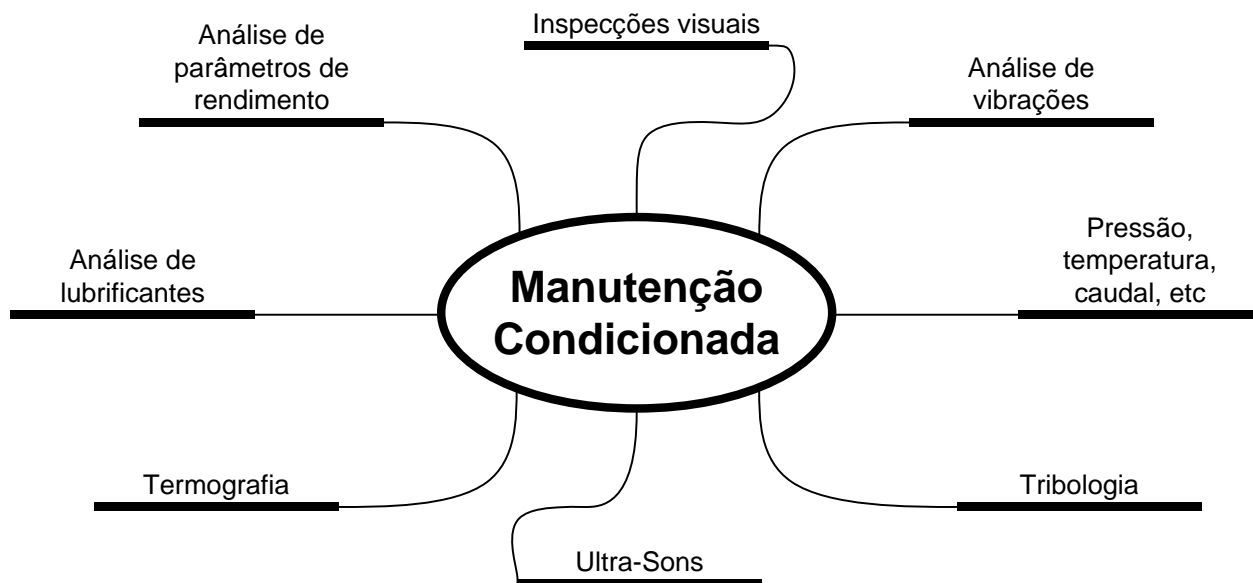


Figura 2.6 – Ferramentas de manutenção condicionada

2.4.3. Manutenção correctiva planeada

A manutenção correctiva planeada é definida como o trabalho de manutenção que envolve a reparação ou substituição agendada, de componentes que falharam. É realizada em todos os itens nos quais as consequências de falha ou desgaste não são significativas.

Normalmente o conjunto de actividades impostas pela manutenção correctiva não são imediatamente iniciadas após a ocorrência, mas são agendadas de forma que a sua execução não afecte o processo de produção.

2.4.4. Manutenção curativa

A manutenção curativa deve ser reservada a equipamentos cuja indisponibilidade tenha pouca importância sobre a produção e cujo custo anual suposto de reparação, bem como as avarias imprevisíveis sejam aceitáveis. Esta manutenção tem uma política que se aplica só após a avaria, visando curar, ou ajudando a prever, a ocorrência de determinados problemas imprevisíveis, ou minimizando as suas consequências. [1]

Para diminuir as consequências da indisponibilidade dos equipamentos devem ser realizadas tarefas como:

- Análise do modo de falha, efeitos de acção crítica no equipamento;
- Diagnósticos mais rápidos das avarias através de uma árvore de causas de falhas ou através de um histórico de falhas ou quebras;
- Método de vigilância mais apertada nos pontos mais nevrálgicos;

As desvantagens desta manutenção são:

- Exige grande *stock* de peças de reserva;
- Provoca um aumento do suporte técnico e financeiro;
- Acarreta perda de produção;

2.4.5. Manutenção correctiva não planeada

A manutenção correctiva não planeada é a forma mais óbvia e primária de manutenção, a sua filosofia rege-se pelo princípio reparar quando partir, é feita após a ocorrência de avaria. De um ponto de vista global é a forma de manutenção mais dispendiosa pois acarreta todos os custos não planeados das paragens dos equipamentos e da produção mais os da mão-de-obra das intervenções.

2.5. Custos da manutenção

Os custos de manutenção são considerados gastos ocultos, pelo que são muitas vezes desprezados no início dos investimentos. Contudo, as diferenças mínimas no investimento podem gerar facilmente somas importantes de custo ao longo da vida útil de um equipamento.

Uma vez que os resultados obtidos a partir da exploração dos equipamentos são avaliados com base nos critérios de rentabilidade económica, estes mesmos devem ser utilizados para avaliar o desempenho da manutenção. A análise dos custos de manutenção é, portanto, uma prioridade. Esta pode ser representada em dois grandes grupos (ver Figura 2.7).

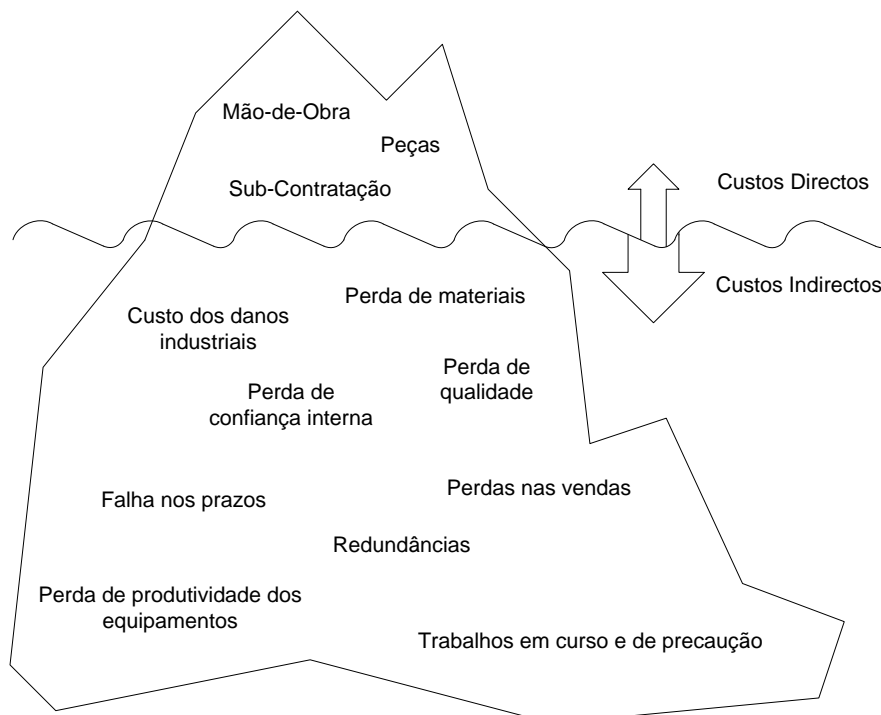


Figura 2.7 – Custos directos e indirectos de manutenção, adaptado de [7]

O primeiro, relativo aos custos directos engloba, de um modo geral, os custos directamente relacionados com a operação de manutenção, ou seja, a mão-de-obra, a subcontractação e peças de substituição. O segundo grupo, representa os custos indirectos, estes derivam essencialmente das consequências da existência de uma avaria, paragens ou intervenções de manutenção, para a empresa em geral e para o utilizador em particular.

2.5.1. Custos directos

A seguinte lista representa uma visão geral dos custos directos de manutenção actuais [3]:

- Custos de manutenção regulares

Estes são os primeiros a serem levados em consideração, porque sem eles o equipamento não poderia ser colocado em serviço. Por exemplo: a inspecção técnica a um veículo ou um teste de resistência à pressão numa caldeira.

- Custos laborais

A sua existência é óbvia, mas é bom lembrar que a relação entre a força de trabalho da manutenção e a força de trabalho da produção está em constante crescimento e o mesmo aplica-se aos custos relacionados. A força de trabalho, neste sentido, significa pessoal de todos os níveis: trabalhadores qualificados, supervisores, quadros de engenheiros e gestão.

- Custos do equipamento

O fornecimento inicial de equipamentos e ferramentas é considerado como parte do investimento. No entanto, muitas vezes, é necessário adquirir ferramentas, instrumentos ou máquinas complementares após o arranque.

- Consumíveis, peças de reposição e custos de manutenção de *stock*

É evidente que o trabalho de manutenção e a utilização de peças e consumíveis devem ser analisados em conjunto; os seus custos devem ser incluídos na lista dos custos de manutenção directos. Além disso, os custos de armazenamento e gestão de *stock* são importantes e devem também ser observados.

- Custos de formação

Porém satisfatórias, as qualificações da força de trabalho, dada a evolução tecnológica, devem ser formadas e actualizadas de uma forma regular. Os custos desses programas de formação devem ser incluídos nos custos directos da manutenção.

- Custos de subcontratação

Estes ocorrem quando, por razões técnicas ou económicas – e, se justificado, pela correcta gestão dos equipamentos –, decide-se parcialmente subcontratar trabalhos de manutenção, o que acontece cada vez mais frequentemente. O valor total destes custos deve também ser considerado como um custo directo de manutenção.

- Actualização tecnológica

Embora exista um controlo rigoroso por parte da administração, a parte contabilística e fiscal não são capazes de fornecer uma imagem clara, é habitual os custos de actualização tecnológica (por exemplo através de pequenas obras de engenharia executadas pelo departamento de manutenção) construírem parte dos custos de manutenção directos.

Estes são os principais constituintes da lista de custos directos de manutenção. Cada um deles é quantificável, e num negócio bem gerido, são quantificados. São a base para a incorrecta e presunçosa generalização que a manutenção é dispendiosa, tomada como tarefa não lucrativa, e no fim um luxo.

Para além de algumas raras e inesperadas situações, a orçamentação dos custos directos pode ser feita com precisão elevada e a sua previsão para anos seguintes é repetitiva.

2.5.2. Custos indirectos

Os custos indirectos, ou custos de falha, causados pela deficiência ou falta de manutenção e são uma perda financeira sustentada pela empresa. A análise completa destes é quase impossível de se fazer com grande precisão, porque a maioria não é directamente mensurável. Este não é um motivo para ignorá-los. A seguinte nomenclatura não pretende ser exaustiva, simplesmente traz à luz as causas mais importantes dos custos de falha e ilustra a forma como devem ser abordados [3]:

- Redução de produção ou serviço

Aqui, a perda financeira vem imediatamente à mente. Quando o equipamento está fora de serviço devido à ocorrência de falha, nada é possível a produção, assim não existe rendimento. Quando se calculam as horas da não produtividade, existe uma forma de avaliar a perda correspondente de forma rigorosa e, geralmente, esta representa um custo de falha mais elevado do terá sido inicialmente suposto, certamente muito mais elevado quando comparado com outros custos.

- Alteração na qualidade da produção ou serviço

Uma manutenção insuficiente pode causar não apenas a existência de avarias repentinas, mas pode ter consequências mais insidiosas, como o abrandamento da actividade, por redução da produção, e uma alteração na qualidade dos bens produzidos ou dos serviços prestados. Mais cedo ou mais tarde este abrandamento será sentido de uma forma mais

agressiva no mercado, pois a insatisfação dos clientes acarreta consequências como a redução do preço ou em dada parte a perda de mercado.

- Atrasos nas entregas

O corolário das duas situações precedentes manifesta a temporária desorganização e consequentes atrasos no tempo de entrega. Proporciona uma penalização nos contractos existentes e representa assim um custo suplementar de falha.

- Custos de depreciação

É bem conhecido que a depreciação do equipamento é calculada com base no seu tempo de vida. Se este tempo for anormalmente reduzido, devido às falhas do equipamento, a carga financeira de depreciação irá aumentar. A diferença que vai existir, quando comparada com o plano de amortização inicial, tem que ser adicionada à lista que contem os custos de falha.

- Acidentes de trabalho

A manutenção tem não só a responsabilidade de garantir o bom funcionamento dos equipamentos, mas também a segurança de funcionamento, especialmente a segurança e protecção de pessoal. Não é surpreendente constatar que as estatísticas têm demonstrado que existe uma relação directa entre a qualidade da manutenção e o número de acidentes de trabalho. Pelo ponto de vista económico esta ligação é coberta por uma política de seguro que terá prémios mais elevados se a segurança da instalação for fraca. Este é um custo menos óbvio mas ainda assim deve ser considerado.

- Alteração do local de trabalho e ambiente

O que foi dito acerca de pessoal é igualmente aplicado ao local de trabalho e até mesmo, de certa forma, ao ambiente. Podem surgir consequências graves, causadas por uma manutenção deficiente, se o local de trabalho sofrer alterações e se ocorrerem problemas relacionados com o meio ambiente. A experiência tem mostrado que não existe comparação entre a modéstia dos custos directos de manutenção, que deveriam ter em conta estas possíveis situações, e a gravidade dos danos causados. Deste modo é um custo de falha relativamente elevado.

- Desmotivação do pessoal

Uma manutenção insuficiente leva à falta de confiança no equipamento, que por sua é causa de incidentes e problemas repetidos. A falta de confiança no equipamento leva à desmotivação do pessoal, pois estes, que operam as máquinas, tornar-se-ão desinteressados em trabalhar com equipamentos que estão constantemente a falhar. O círculo vicioso da falta de manutenção e desinteresse pelo equipamento não se traduz num custo mensurável, porém pode levar à paralisação total da produção.

– Imagem da empresa

Os factores anteriores relativos às deficiências da manutenção, culminam com uma representação negativa para a empresa. O custo da redução desta imagem tem que ser contabilizado.

Estes são os principais custos indirectos de manutenção. Embora não sejam todos de igual importância, devem ser objecto de atenção por parte da administração. Alguns são perfeitamente mensuráveis, no entanto, outros só podem ser estimados por factores de avaliação imprecisos.

Para todos os efeitos, a avaliação dos custos de falha, mesmo que aproximada, deve ser sempre tida em consideração no pensamento da gestão.

3. Gestão da Manutenção

3.1. A necessidade de um sistema de gestão da manutenção

A única circunstância em que se fala em manutenção é quando surge a exigência, por parte da produção, para por algo a funcionar novamente “e depressa!”. Desta forma a maior parte do trabalho de manutenção é feito de uma forma reactiva. Realizar níveis sustentados de manutenção é um requisito fundamental para a sobrevivência a longo prazo das instalações industriais.

Ignorar esta exigência é uma garantia de que a empresa irá incorrer inaceitavelmente, com custos operacionais cada vez mais elevados que impossibilitarão a capacidade de competir nos mercados mundiais actuais.

O papel da manutenção deve mudar para apoiar a crescente concorrência mundial, não se pode limitar ao papel reactivo, não deve recorrer ao aumento de horas extra ou excesso de mão-de-obra para solucionar os problemas. Se forem aplicados sistemas, infra-estruturas, processos e planeamentos correctos as perdas serão com certeza minimizadas, a operação tornar-se-á estável, a produtividade irá aumentar e consequentemente produtos de alta qualidade tornar-se-ão alvo de foco por parte das empresas. Este estado, chamado de excelência de manutenção, é um subconjunto de primazia de confiabilidade e redefine os papéis e responsabilidades tradicionais, bem como os processos de manutenção que são necessários para garantir a fiabilidade, vida útil e custo do ciclo de vida dos activos, possibilitando assim uma melhoria contínua das empresas industriais. [8]

3.2. Técnicas da gestão da manutenção

A norma NP EN 13306 define a gestão da manutenção como “todas as actividades de gestão que determinam os objectivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspectos económicos” [2].

Seguidamente são apresentadas algumas das técnicas mais utilizadas na actividade de gestão da manutenção. Estas são os principais componentes para um sistema de gestão bem estruturado e organizado, são os constituintes que formam os alicerces para se evoluir na direcção da melhoria constante (Figura 3.1) [9].



Figura 3.1 Estrutura de um sistema de gestão da manutenção, adaptado de [9]

3.2.1. Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é o factor chave para o sucesso de um programa de gestão da manutenção competente. Esta deverá reduzir a quantidade de actividades de manutenção de cariz reactivo e correctivo, não planeadas, a um nível inferior a 20% do total das tarefas de manutenção, devendo focalizar-se em aumentar as intervenções preventivas ou proactivas para valores superiores a 80%.

Do ponto de vista financeiro, a manutenção correctiva, não planeada, pode custar entre duas a quatro vezes o valor da manutenção preventiva. Como já foi referido em 2.3.1 uma perfeita aplicação de um programa de gestão preventiva, origina sempre uma poupança nos gastos da empresa.

3.2.2. Gestão de *stocks* e aprovisionamentos

Uma correcta política de gestão de *stocks* e aprovisionamentos, tem o objectivo de manter em quantidades suficientes peças de reserva, de modo a evitar roturas, deste modo deverá [9]:

- Fornecer os componentes certos e no tempo previsto, para as reparações e manutenção dos activos;
- Ter em *stock* a quantidade suficiente de peças de reserva, para não provocar roturas, sem um nível excessivo de *stocks*, que aumente desnecessariamente o valor do capital imobilizado.

Porem, está condicionada por dois factores fundamentais:

- Nível de serviço a prestar ao cliente de manutenção. Níveis de serviço de 95 a 97% são considerados satisfatórios;
- Quanto maior for a percentagem de manutenção não planeada, maior será a dificuldade em evitar roturas de *stock*.

3.2.3. Sistema de ordens de trabalho

Um sistema de ordens de trabalho, é utilizado, para iniciar, controlar e registar todas as actividades de manutenção e engenharia desenvolvidas em cada activo.

A informação deve ser registada em todas as suas fases desde o início até ao fim de execução do trabalho [9]:

- Análise do trabalho solicitado;
- Aprovação do trabalho a realizar;
- Planificação das actividades do trabalho;
- Calendarização das actividades;
- Registo da totalidade das actividades desenvolvidas.

Isto exige uma forte disciplina. É vulgar encontrar situações, em que apenas parte do que é realizado, é registado, ficando muita informação perdida para a organização. Nestas situações, fazer um planeamento e calendarização dum trabalho é uma tarefa cujo resultado é pouco fiável.

Um tratamento correcto do sistema de ordens de trabalho, é condição indispensável para um bom desempenho da gestão da manutenção.

O objectivo é ter 80% do trabalho planeado, com uma taxa de execução de 90%.

3.2.4. Sistema informatizado de gestão da manutenção

Existem disponíveis no mercado várias aplicações informáticas para o registo, tratamento, análise e fornecimento de dados, para apoio à gestão da manutenção.

É importante que as empresas seleccionem a solução mais adequada, tendo em vista a sua dimensão e complexidade processual.

No caso de a empresa ter já instaladas outras aplicações informáticas, nomeadamente para gestão da produção ou gestão administrativa e financeira, que possam vir a interligar com a manutenção, há que garantir a compatibilidade dos sistemas.

Igualmente a aplicação a utilizar deve ser compatível, com as aplicações existentes na empresa, a fim de permitir a importação e exportação de dados.

A aplicação, deverá ser simples de parametrizar, intuitiva, permitir uma fácil introdução dos dados, sem redundâncias, permitir a selecção dos *outputs* por níveis de utilizadores, e possibilitar um carregamento por níveis horizontais.

3.2.5. Formação profissional

Poderemos dividir a competência exigida aos operacionais da manutenção, em duas áreas [9]:

- A dos conhecimentos técnicos;
- A da capacidade de relacionamento.

A componente técnica da formação profissional deverá garantir que os conhecimentos técnicos adquiridos são os necessários para uma adequada compreensão, tanto do funcionamento dos equipamentos como das actividades necessárias à sua manutenção.

Sendo as actividades de manutenção realizadas frequentemente em ambiente de tensão elevada, assume particular importância a boa capacidade de relacionamento dos técnicos da manutenção, particularmente, com os responsáveis da produção.

3.2.6. Envolvimento dos operadores dos equipamentos

Para que o envolvimento dos operadores dos equipamentos seja mais eficaz, é importante que a produção considere os equipamentos, com os quais trabalha, como sua propriedade.

O grau de envolvimento dos operadores da produção, no apoio aos trabalhos de manutenção, será função das suas capacidades, da complexidade dos equipamentos, da organização da empresa, e dos acordos individuais e colectivos de trabalho existentes.

As actividades onde ocorre esse envolvimento, poderão ser as seguintes [9]:

- Inspeção do equipamento antes do arranque;
- Alerta para deficiências dos equipamentos;
- Verificação e atestamentos dos pontos de lubrificação;
- Rotinas simples de manutenção e ajuste nos equipamentos;
- Outras actividades de manutenção mais complexas, com o suporte técnico da manutenção.

Os objectivos a atingir passam pelo envolvimento activo e co-responsabilização de todos os intervenientes, no sentido de tornar os equipamentos mais eficazes e eficientes.

Para além disso, procura-se que este envolvimento dos operadores dos equipamentos, nas tarefas simples de manutenção, permita libertar os técnicos da manutenção para tarefas mais complexas.

3.2.7. Manutenção preventiva preditiva

À medida que os técnicos da manutenção vão ficando mais libertos das actividades de rotina, agora desenvolvidas pelos operadores dos equipamentos, poderão focar a sua actividade nas técnicas de análise de condição dos equipamentos, que são a base da manutenção preditiva.

Estas técnicas permitem uma monitorização contínua do estado dos equipamentos, com registo dos dados, ou o seu envio directo para o sistema informatizado de gestão da manutenção, que os integra nos planos de manutenção preventiva.

É aconselhável que um programa de análise de condição comece pelos equipamentos que têm problemas crónicos, críticos para a produção, e que possam ser monitorizados por esta tecnologia estas técnicas.

3.2.8. Manutenção centrada na fiabilidade (*Reliability Centered Maintenance*)

Quando a empresa dispõe de programas de manutenção preventiva sistemática, manutenção preventiva preditiva, e um registo e tratamento da informação adequados, estão criadas as condições para a implementação da manutenção centrada na fiabilidade (*Reliability Centered Maintenance*, RCM), que visará a optimização desses programas [4].

A RCM faz a análise da fiabilidade dos equipamentos, tendo em vista a sua criticidade, nomeadamente nos aspectos de segurança e importância para a produção, não excluindo a possibilidade do equipamento trabalhar até avariar, e só ser reparado nessa altura.

A metodologia RCM, implica que os dados históricos existentes sejam fiáveis, para que os resultados obtidos sejam eficazes. Isto implica que a organização, possua já um elevado nível de desenvolvimento na obtenção, na organização e na análise de dados.

3.2.9. Manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance*)

A manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance*, TPM) fornece uma abordagem abrangente sobre o ciclo de vida e gestão dos equipamentos. É tida como que uma filosofia de trabalho, em que todos na organização, desde os departamentos de gestão aos operadores compreendem que, de algum modo, as suas actividades vão ter influência no desempenho dos activos [10]. O objectivo é melhorar continuamente a disponibilidade e evitar a degradação do equipamento para alcançar a máxima eficácia. Assim:

- Os operadores devem conhecer as capacidades dos equipamentos e trabalhar dentro dos limites aceitáveis;
- Os aprovisionamentos, devem adquirir as peças de reserva e serviços de apoio de acordo com as características definidas, e não tentando reduções nos custos de aquisição que, comprometam os custos de exploração;
- Todos os sectores da empresa, devem focalizar a sua responsabilidade, no sentido de contribuírem para a optimização dos investimentos em activos;

As áreas que têm um envolvimento maior na filosofia TPM, são normalmente as seguintes:

- Manutenção;
- Produção;
- Aprovisionamentos e gestão de *stocks*;
- Engenharia;
- Gestão.

A TPM envolve melhorias para equipamentos de produção, bem como, torna a prática da manutenção mais eficiente. Isto requer um planeamento e programação precisos, acesso à informação referente aos equipamentos, e um bom sistema de inventário de peças de reposição. É um passo na evolução das boas práticas de produção e manutenção.

3.2.10. Análise de custo-benefício

A análise de custo-benefício, procura a optimização financeira do activo. Isto é feito, recorrendo ao tratamento e análise da informação relevante do activo, nomeadamente [7]:

- Custos das paragens;
- Custos das reparações;
- Custos das perdas de eficiência;
- Custos da não qualidade dos produtos.

Esta análise, permite encontrar o melhor balanço financeiro, baseado no melhor-custo-total.

As decisões em relação ao activo incluem:

- Quando parar para manutenção;
- Reparar ou substituir;
- Quais são as peças de reserva críticas a manter em *stock*;
- Os níveis máximos e mínimos de peças de reserva para as rotinas de manutenção.

Esta análise, necessita de dados fiáveis. Decisões tomadas com base em dados incorrectos sobre os activos podem gerar prejuízos elevados para a empresa.

Quando a empresa atinge um nível de sofisticação organizacional, que lhe permite utilizar esta análise, pode dizer-se que a empresa está no topo da pirâmide da gestão dos activos.

3.2.11. Melhoria contínua

Nenhuma organização se pode dar ao luxo de aceitar o seu nível actual de desempenho ou as pressões competitivas acabarão, eventualmente, por afastá-la para fora do mercado [9].

A melhoria contínua, é um elemento chave na excelência e confiabilidade da organização, que deve presidir a quem tem a responsabilidade da gestão dos activos. É uma actividade que deve ser continuada ao longo do tempo – *Never Ending Improving*, expressão utilizada pelos Japoneses.

Deve ser prestada a devida atenção ao detalhe e aos pequenos problemas, que continuamente resolvidos, permitem melhorias significativas no desempenho dos activos.

A melhoria contínua pressupõe também o estabelecimento e o cumprimento de pequenos objectivos, sendo claro que um objectivo, só o é até ser atingido. Uma vez atingido esse objectivo, outro mais ambicioso deve ser estabelecido.

As técnicas de *benchmarking*, e a utilização constante de ferramentas de gestão constituem boas fontes para a melhoria contínua.

3.3. Softwares de apoio à gestão da manutenção

A utilização de ferramentas informáticas no apoio à gestão é, hoje em dia, uma obrigação para as empresas; são a sua principal via para a obtenção de níveis fiáveis e eficientes nos processos de manutenção [11].

Estes sistemas, também chamados de CMMS (*Computerized Maintenance Management System*), suportados por plataformas informáticas, constituem ferramentas para gerir todo o sistema de manutenção, podendo ser integrados com outros sistemas já existentes na empresa (por exemplo, gestão financeira e administrativa), com o intuito de organizar e tratar toda a informação disponível, disponibilizando-a a qualquer momento, de forma a planear e organizar as actividades de manutenção da melhor forma possível [8].

A informatização, quando bem implementada, pode fornecer as informações necessárias para vários tipos de trabalhos como por exemplo: a disponibilidade de materiais, custos por trabalho, facilidade, ou o tipo de trabalho. Desta forma é possível aumentar a eficácia do planeamento, programação e controlo de custos bem como reduzir o tempo de resposta às intervenções da manutenção e o tempo de inactividade. Além disso, pode frequentemente fornecer tipos de informação normalmente não disponíveis a qualquer momento e sem custos adicionais [8].

3.3.1. Objectivos dos *softwares*

O *software* de gestão da manutenção é apenas outra ferramenta para ajudar os responsáveis da manutenção a melhor gerir as suas empresas. Este não substitui os técnicos, apenas os liberta de algumas tarefas essenciais, pesadas e consumidoras de tempo, disponibilizando-os para se concentrarem em tarefas mais inteligentes e mais produtivas [12].

Desta forma os *softwares* de apoio à gestão da manutenção, têm como objectivo:

- Organizar e facilitar todo o processo de gestão da manutenção;
- Facilitar o acesso mais rápido à informação;
- Facilitar e disponibilizar uma análise às informações de manutenção, como por exemplo através da obtenção de gráficos e indicadores de manutenção;
- Proporcionar a integração do sistema de informação da manutenção com outros sistemas de informação.

3.3.2. Requisitos funcionais do *software*

Para que o sistema seja aplicado correctamente é necessário definir inicialmente quais as metas e objectivos da empresa. Caso os requisitos para o *software* de gestão da manutenção fiquem mal definidos, não será possível, por exemplo, obter indicadores ou introduzir informação importante para a gestão.

Após definidos os objectivos para a empresa, é necessário encontrar um *software* que vá de encontro com a satisfação dos mesmos.

Habitualmente um *software* de gestão da manutenção tem que satisfazer cinco requisitos [13]:

- Equipamentos de manutenção

Deve permitir a codificação e devida identificação de forma a possibilitar, de uma forma organizada, a consulta de informação relativa ao equipamento, que pode conter planos de manutenção preventiva, local da instalação, fichas técnicas do fabricante, entre outra informação disponível.

- Materiais de manutenção

Tal como os equipamentos, o material deve ter a codificação correcta para facilitar a sua pesquisa nos momentos necessários., contendo também a informação relativa ao equipamento ao qual se destina.

- Gestão dos trabalhos

Deve englobar todo o planeamento e gestão dos diversos tipos de manutenção (ordens de trabalho), contendo toda a informação relativa (custos, tempos de reparação, materiais, indisponibilidade, entre outros) desde o início até à conclusão.

- Análises

Permitir o acompanhamento dos indicadores-chave de desempenho., possibilitando ao gestor o supervisionamento em tempo real das actividades, avarias, custos, entre outros.

- Interface amigável

Deve ser, principalmente, uma ferramenta fácil e rápida de utilizar por parte dos funcionários da empresa. Os utilizadores ficam desta forma com mais tempo disponível para outras actividades importantes.

3.3.3. Vantagens e desvantagens

Para que um *software* de gestão da manutenção se torne realmente um benefício para a empresa é necessário que este se adapte à realidade da própria empresa.

A implementação da mais recente tecnologia de nada servirá se os seus funcionários não a souberem utilizar devidamente. E esta é uma das realidades mais frequentes nas empresas de hoje [11].

Na Tabela 3.1 são apresentadas vantagens e desvantagens da implementação de uma nova tecnologia de informação.

Tabela 3.1 – Vantagens e desvantagens da implementação de um *software* de gestão, adaptado de [13]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> – Melhoria da qualidade da informação disponível na organização; – Vulgarização da utilização dos conceitos de manutenção e de gestão; – Libertação de informação técnica dos gestores, pois passa a ser sintetizada e a estar disponível para quem dela necessitar e para formação; – Produção automática de relatórios e indicadores de manutenção relevantes; – Aumento da produtividade. 	<ul style="list-style-type: none"> – O custo da implementação é elevado; – Excesso de zelo na preparação de planos de manutenção e especificação de periodicidades que podem exceder as capacidades da empresa; – Motivação, ou seja, o risco do afastamento dos funcionários mais experientes da manutenção em detrimento dos que melhor trabalham com o programa; – Burocracia, os técnicos podem passar a executar tarefas administrativas em detrimento dos que realmente percebem do assunto; – Dependência do fornecedor do <i>software</i>.

3.3.4. Exemplos de *softwares* utilizados

3.3.4.1. SAP

O *software* SAP é um dos líderes do mercado nacional [14], tendo assinado o seu primeiro contrato com um cliente português em 1992.

O SAP marca a sua presença em empresas como Repsol, FISIFE, Grupo CUF, Siemens, Cimpor, Petrogal, Celbi, entre outras.

Algumas das variantes e funções do *software* SAP são (entre outras):

- Gestão de activos e de projectos;
- Operações de manutenção;
- Visibilidade e performance de activos;
- Gestão da informação sobre activos;
- Provisionamento de peças e serviços de manutenção;
- Manutenção de activos móveis;
- Manutenção de riscos operacionais;

3.3.4.2. Primavera

O *software* Primavera disponibiliza uma ampla oferta de soluções para grandes, médias e pequenas organizações, que permitem colocar a inovação ao serviço da competitividade, num forte contributo para a optimização da gestão empresarial:

- PRIMAVERA Business Analytics
- PRIMAVERA Maintenance
- PRIMAVERA Qpoint
- PRIMAVERA Office Extensions
- PRIMAVERA Mobile Business
- PRIMAVERA Fiscal Reporting.

O *software* de gestão Primavera detém uma oferta alargada de soluções nas áreas de:

- Área Financeira – Contabilidade;
- Gestão de Recursos Humanos – Salários;
- Gestão de Imobilizado;

- Gestão Comercial;
- Gestão da manutenção
- Gestão de Tesouraria e Bancos;
- Gestão de Projectos e Serviços Pós-Venda;
- Restauração;
- Retalho;
- Produção;

O Primavera desenvolveu um conjunto de soluções específicas para os sectores da construção civil e obras públicas e para a indústria. Esta oferta diversificada permitiu ao Primavera estar presente com as suas soluções nos mais distintos sectores de actividade.

Aliando um serviço de excelência às necessidades de cada negócio e cobrindo toda a cadeia de valor, as soluções Primavera permitem a cada empresa adoptar as melhores práticas de gestão, assentes em mecanismos organizacionais altamente produtivos e dinâmicos [15].

3.3.4.3. ManWinWin

O ManWinWin é uma ferramenta para a organização e gestão da manutenção do parque de equipamentos que alcança com grande detalhe a organização, planeamento e gestão dos trabalhos de manutenção, a quantificação do esforço e dos custos de mão-de-obra, materiais e serviços, e os consequentes indicadores de desempenho da manutenção.

O ManWinWin culmina uma experiência de mais de 20 anos de trabalho e milhares de utilizadores de aplicações para a gestão da manutenção industrial. É feita por portugueses e tem concepção multilingue.

Algumas características do ManWinWin

- Registo detalhado de equipamentos;

Ficha detalhada dos bens de manutenção com destaque para a gestão de equipamentos próprios e de clientes e a possibilidade de utilizar código estruturado, matrícula, ou outro definido pelo utilizador.

- Gestão de trabalhos;

Grande flexibilidade em todo o processo de criação, emissão e encerramento dos trabalhos com possibilidade de personalizar os tipos de trabalho.

- Gestão dos custos;

O ManWinWin dispõe de recursos muito poderosos para gerir todos os custos relacionados com a manutenção. Se optar pela gestão de custos pode cruzar toda a informação de custos entre as rubricas (natureza do custo), centros de custo ou clientes.

- Indicadores personalizados;

É o utilizador que, com base nos parâmetros automaticamente calculados pelo ManWinWin, cria e grava os seus próprios indicadores, fonte [16].

3.3.4.4. MAXIMO

O *software* MAXIMO, desenvolvido pela IBM, proporciona um único ponto de controlo para todos os tipos de bens. Permite um controlo sobre activos como a produção, infra-estruturas, instalações, transportes e comunicações.

Estas soluções gerem os activos numa plataforma comum.

O *software* de gestão MAXIMO inclui seis módulos de gestão numa arquitectura reforçada de serviços:

- Gestão de activos;

Controlo e gestão eficiente sobre os dados dos activos e de localização durante o seu ciclo de vida.

- Gestão de trabalho;

Gere as actividades planeadas e não planeadas, desde o início até à sua conclusão, permitindo o correcto registo de toda a informação.

- Gestão de serviços;

Define as ofertas de serviços, estabelece o seu nível e monitoriza o estado e entrega destes.

- Gestão de contractos;

Suporte completo para compra, locação financeira, garantias, taxa de trabalho e contractos definidos pelo utilizador.

- Gestão de inventário;

Fornece os detalhes relacionados com o inventário e o seu uso, o que, quando, onde, quanto e a sua importância.

- Gestão de aquisições.

Fornece o suporte a todas as fases de aquisição, desde a compra directa à reposição de *stock*, fonte [17].

3.3.4.5. ENGEMAN

O software Engeman é uma ferramenta de planeamento e controlo da manutenção e de serviços. O nome, Engeman, baseia-se na sua principal característica: engenharia de manutenção [18].

É um dos *softwares* de gestão de manutenção mais conhecidos no Brasil e um dos mais flexíveis. O programa de manutenção adapta-se a empresas de diversos sectores, bem como de diferentes dimensões. A sua flexibilidade permite a adaptação do *software* ao modo de trabalho das empresas.

Com o Engeman é possível organizar e controlar as funções do plano de manutenção, como:

- Registar qualquer tipo de dado referente à manutenção;
- Planear serviços que serão executados pela manutenção e acompanhar os serviços realizados;
- Programar a execução dos serviços através de controlos automáticos;
- Nivelar recursos materiais, humanos e financeiros;
- Emitir automaticamente alarmes e documentos referentes aos serviços;
- Criar históricos dos eventos e elaborar cronogramas e gráficos;
- Analisar perdas de produção, calcular custos e analisar ocorrências;
- Controlar consumo de materiais em *stock* e executantes dos serviços.

4. A Empresa - FISIFE

4.1. Caracterização da empresa

A FISIFE é um produtor europeu de fibras acrílicas com fábrica no Lavradio, Portugal, desde 1976. A empresa foi constituída em 1973, fruto de um *joint-venture* entre a CUF e o grupo japonês Mitsubishi, e em Setembro de 2012 o grupo alemão SGL, o maior produtor europeu de fibras de carbono, conclui a aquisição de 100% do capital da empresa.

A FISIFE passou, ao longo dos anos, de uma empresa fundamentalmente produtora de fibras têxteis *standard* para uma empresa produtora de fibras acrílicas especiais, nomeadamente fibras pré-tintas, funcionais e para aplicações técnicas. É uma empresa que actua nos mercados a nível mundial, exportando 99% da produção.

Com base na opção estratégica escolhida – apostar, através da inovação e da pesquisa sistemática, em novas aplicações para a fibra acrílica e em novas necessidades nos segmentos actuais – a empresa começou a desenvolver os percursos de fibra de carbono.

Com a entrada da FISIFE no grupo SGL a aposta na produção de fibra de carbono ganhou outra dimensão, traduzindo-se numa conversão gradual de algumas linhas de produção, de fibras têxteis já existentes, para a produção destas novas fibras de elevada qualidade.

Actualmente, a estratégia da empresa é clara e assumida por todos os colaboradores. A prioridade está na qualidade e sofisticação dos produtos comercializados e não na quantidade produzida, visando entrar nas chamadas aplicações técnicas, onde as fibras de carbono são o expoente máximo [19].

4.1.1. Organização da empresa

A FISIFE é dirigida por um conselho de administração, cujas funções executivas são exercidas por uma comissão executiva. A empresa está organizada em direcções às quais estão afectas áreas funcionais e/ou processos de gestão de acordo com o organograma seguinte (Figura 4.1) [19].

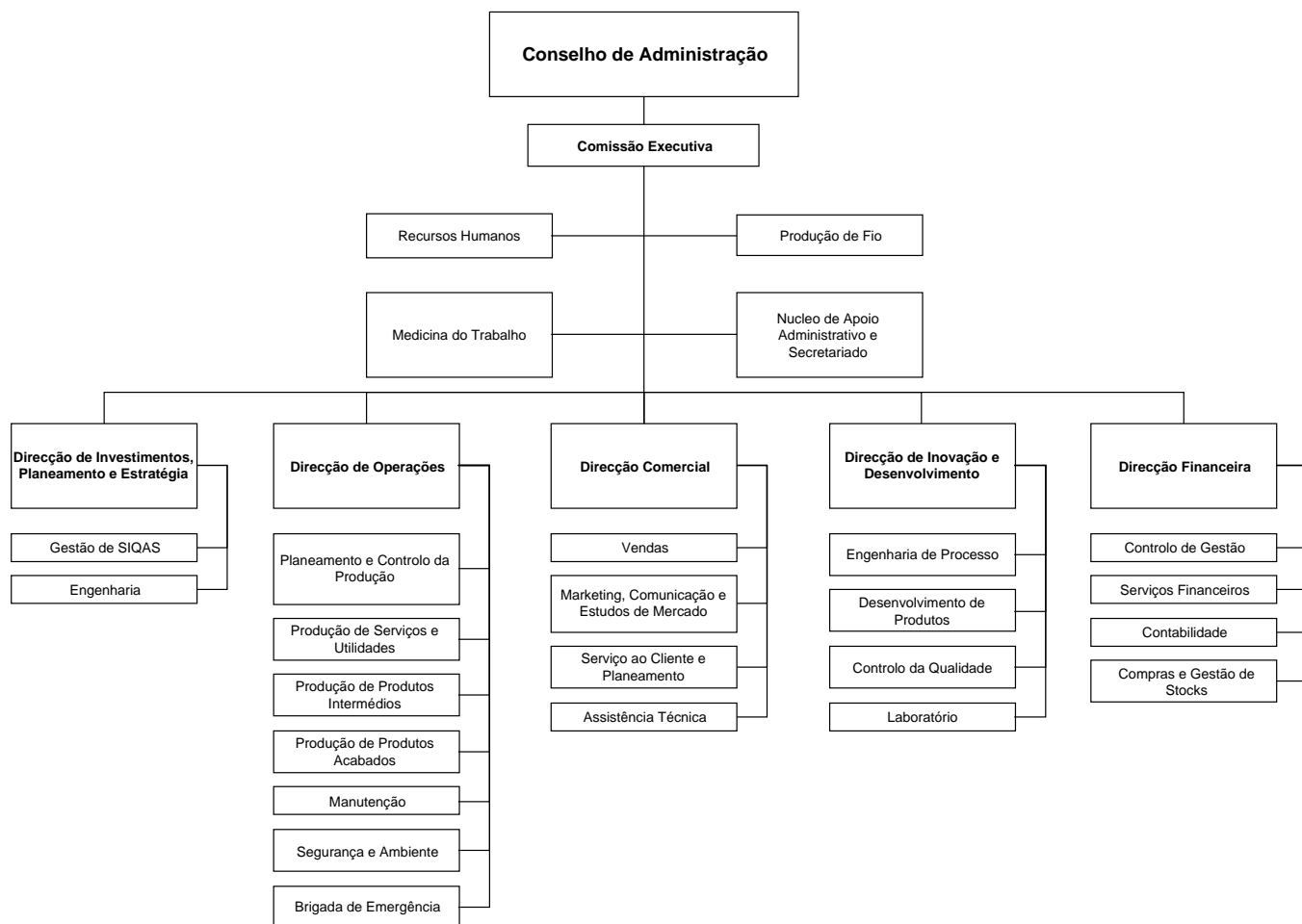


Figura 4.1 – Organograma da FISIFE

4.1.2. Actividades desenvolvidas

As áreas que sustentam a produção de fibra na FISIFE são [19]:

- Polimerização Contínua (CP);
- Preparação de Xarope (DP);
- *Spinning* (SP);
- Corte e Embalagem (CB);
- Conversão *Tow-to-Top* (TT);
- Fiação *Open-End* (OE);
- Recuperação de Solvente (SR);
- Utilidades (UT);
- Armazenagem de Fibra (APA);
- Parque de Tanques (TF);

- Oficinas (WS);
- Armazém de Matérias-primas e Peças de Reserva;
- Laboratórios (LB);
- Instalação Piloto (IP).

4.1.3. Os produtos da FISIFE

A FISIFE produz quatro tipos de fibra acrílica: fibra crua comercializada com a marca FISIVON, fibra pigmentada, fibras técnicas e fibra tinta gel *dyed*. Estas fibras destinam-se ao uso pela indústria têxtil, como matéria-prima principalmente para produção de fios que serão sobretudo aplicados na fabricação de malhas, tecidos e tapetes, pela indústria de construção civil, para a indústria de componentes automóveis e outras aplicações técnicas.

Os vários tipos e variedades de fibra acrílica comercializados pela empresa são apresentados na Figura 4.2. A sua comercialização é feita em três formas:

- Cabo, fibra em fita contínua;
- Rama, fibra cortada;
- Top, cabo convertido e penteado.

Está em fase de desenvolvimento fibra com características para constituir precursor para fibra de carbono.

Fibras Texteis Especiais



FISIVON - Ramas Especiais
Fisivon superfina, micro, retrátil e fibra mista.



FISIVON - Cabos Especiais
Fisivon extrafino, repco, alto, médio e baixo encolhimento, super macio e cabo misto.



Colour FISIVON
Fibra tinta pelo processo tecnologicamente mais avançado de tingimento em linha - *Gel Dyeing Process*. Este é o processo de tingimento mais ecológico e eficiente.



Black FISIVON
Fibra tinta em massa com negro de fumo, de elevada solidez e apta para a sobretintura. Adequada para conseguir efeitos de *mix greys* e artigos bicolor.



PIL-Clean by FISIPE
Fibra com excelentes resultados de pilling. Permite manter o aspecto novo dos artigos durante mais tempo.



Flat by FISIPE
A fibra de secção plana, perfeitamente rectangular e que imita com perfeição o pêlo animal, originando um tecido de aspecto natural e tacto suave.



Pluma by FISIPE
A Fibra de secção especial que proporciona efeitos com maior voluminosidade e toque particularmente macio.



Fancy yarn tops by FISIPE
Mistura de diferentes fibras que permite obter produtos diferenciados e de qualidade muito elevada (toque cashmere e mohair).

Fibras Técnicas



Asphalt+
Fibra de alta tenacidade que liga a mistura betuminosa criando uma rede tridimensional altamente coesiva com excelentes propriedades mecânicas e de durabilidade.



Binder+
Fibra de alta tenacidade que liga a mistura cimentosa criando uma rede tridimensional altamente coesiva com excelentes propriedades mecânicas e de durabilidade.



Filter+
Fibra ideal para a produção de tecidos para filtração industrial onde a temperatura não exceda os 140°C, sendo um excelente compromisso entre custo e desempenho.



Pulp+
Ideal para o processo de fibrilação.



Paper+
Fibra produzida com acabamento especial aprovado pela FDA, ideal para a indústria do papel.

Fibras Texteis Standard



Rama Standard
Cabo Standard
Penteado Standard

Figura 4.2 – Fibras comercializadas pela FISIPE [20]

4.2. Gestão da manutenção na FISIPE

O Departamento de Manutenção da FISIPE está estruturado nos processos de gestão de acordo com o clausulado da Norma NP EN ISO 9001:2008, estando também ao abrigo do DL n° 254/2007, de 12 Julho (transposição para o direito nacional da Directiva Seveso), classificada como de nível de perigosidade superior, devido aos produtos que manuseiam. Nestes casos, a manutenção da empresa tem um papel fundamental na prevenção, controlo e redução de riscos.

Nos pontos críticos da FISIPE a manutenção tem um papel pró activo, de modo a garantir o bom estado de funcionamento dos equipamentos e aposta na melhoria contínua do seu sistema de gestão e de intervenção.

Desta forma está impedida a postura de “só reparar depois de avaria”. Estes equipamentos críticos não podem avariar, por isso estão sujeitos a planos de manutenção preventiva e preditiva, incluindo as intervenções previstas na lei [21].

Porém, na manutenção a prevenção de avarias não está completamente implementada a todos equipamentos da empresa. A FISIFE possui uma estrutura organizacional que satisfaz a resolução dos seus problemas de manutenção. Os chamados “preparadores mecânicos” são os engenheiros que planeiam todo o trabalho de manutenção.

O Departamento de Manutenção, situado no escritório fabril da empresa tem a estrutura representada no organograma da Figura 4.3. A estrutura de gestão da manutenção compreende um total de seis pessoas, o responsável do departamento de manutenção (MS), o chefe do serviço de manutenção mecânica (MM), e quatro preparadores mecânicos, dois para as áreas eléctrica e instrumentação (AR e LC respectivamente) e os outros dois para a manutenção mecânica mas que também se encarregam dos trabalhos de manutenção dos edifícios (NC e BES). Uma vez completo todo o planeamento dos trabalhos, estes seguem para os respectivos encarregados (AV e A) de oficina que os vão distribuir pelos técnicos adequados ao serviço.

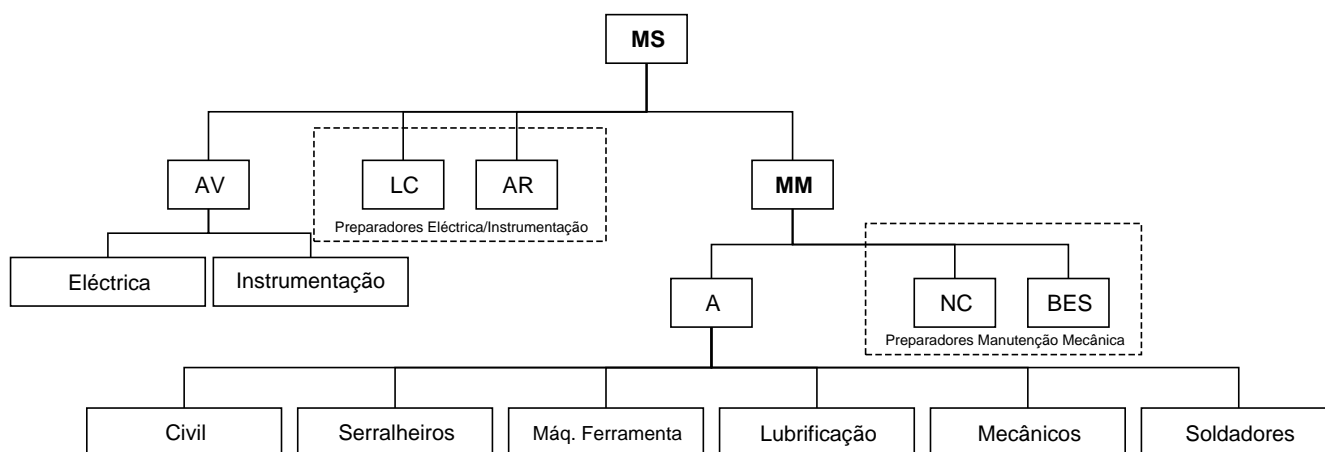


Figura 4.3 – Organograma do Departamento de Manutenção Mecânica

O Departamento de Manutenção é composto por quatro especialidades de intervenção que servem para identificar a natureza dos trabalhos:

- C71 – Civil
- E72 – Eléctrica
- I73 – Instrumentação
- M74 – Mecânica

4.2.1. Fluxo de trabalho

A Figura 4.4 mostra o fluxograma do funcionamento da manutenção correctiva. O gabinete de métodos recebe o pedido, sob a forma de nota de avaria, através do *software* SAP proveniente de quem a detectou, ou seja, os operadores ou responsáveis da área onde a avaria foi detectada. A nota de avaria preenchida no *software* vem com a informação relativa ao código de equipamento onde ocorre, a prioridade da intervenção, texto breve sobre a avaria, e centro de trabalho a que corresponde (se é um trabalho de manutenção mecânica, eléctrica, instrumentação ou civil).

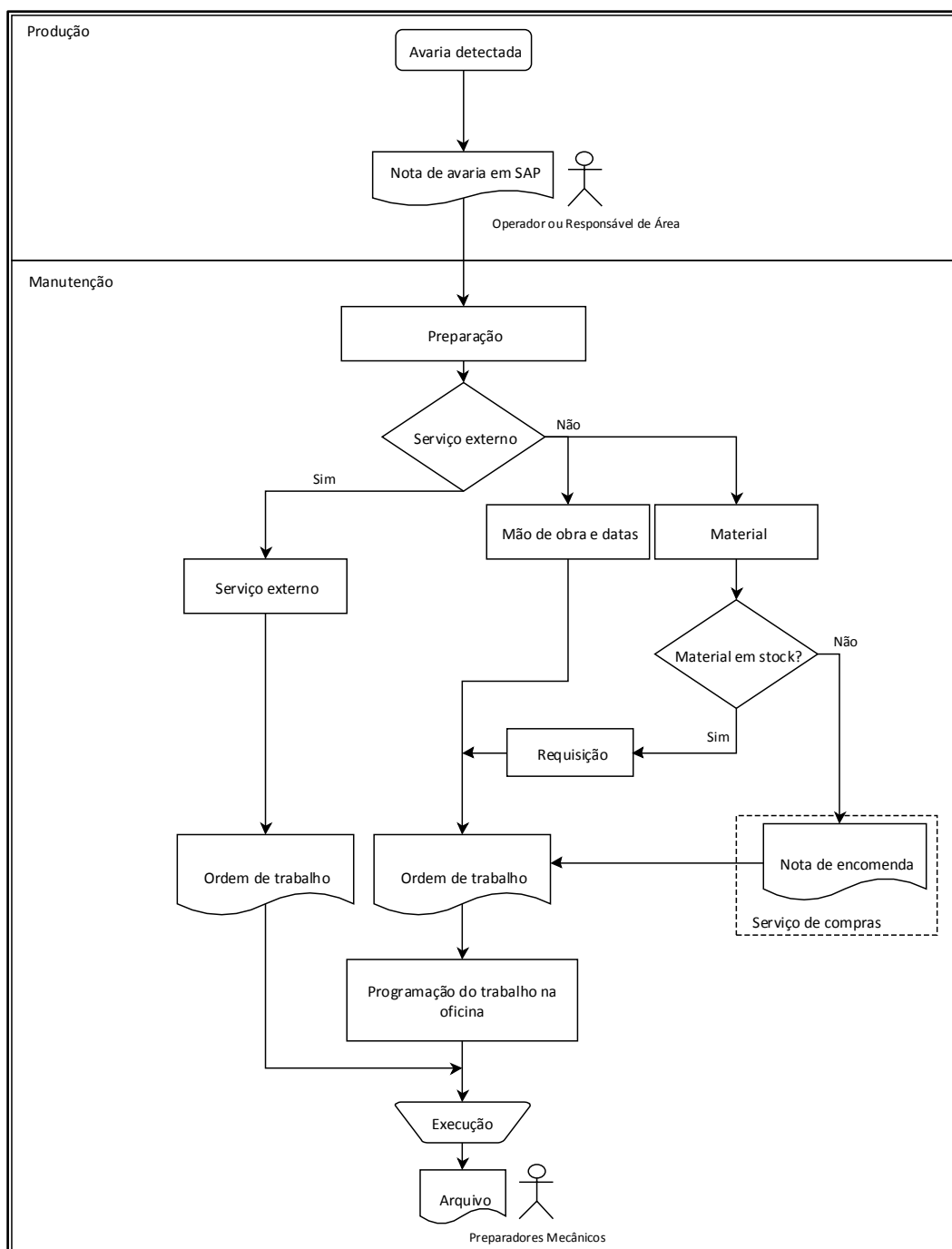


Figura 4.4 – Fluxograma de funcionamento em situações de manutenção correctiva

Seguidamente os preparadores averigam se existem as condições para se iniciar o trabalho, isto é, se é necessária a contratação de serviços externos, se existe o material necessário em armazém e se é possível realizar a intervenção no equipamento não colocando em causa a produção. Uma vez decidida a intervenção, a nota de avaria passa a ordem de trabalho e é colocada a informação relativa ao material utilizado para que este possa ser requisitado junto do armazém; segue para o encarregado da oficina para este distribuir e organizar o trabalho junto dos técnicos de manutenção. Feita a intervenção é comunicado pelo encarregado da oficina a conclusão do trabalho aos preparadores, pois são estes que fecham a ordem de trabalho em SAP.

No caso de entrar em marcha um plano de manutenção preventiva, o fluxo de trabalho é semelhante ao da manutenção correctiva mas tem inicio imediatamente na preparação.

Com este tipo de funcionamento e registo de dados, realizado principalmente pelos preparadores, é possível manter actualizada a informação relativa aos equipamentos, bem como todo um histórico de trabalhos realizados.

4.2.2. Identificação de equipamentos e locais de trabalho

Todas as áreas da empresa estão identificadas por um código, sendo que os códigos de cada local se iniciam com as abreviaturas já apresentadas em 4.1.2; seguidamente é colocado um número de série de três dígitos para identificação do equipamento correspondente a essa área e, no caso de equipamentos semelhantes, os três dígitos são seguidos de uma letra. Por exemplo, a área geral do processo *Spinning* é identificada pelo código SP-000 e os equipamentos nesta contidos estão identificados com códigos do tipo SP-101-A, SP-101-B, SP-146, SP-147, etc.

Desta forma, todas as áreas apresentadas com códigos XX-000 identificam os locais físicos dos processos produtivos e não representam qualquer equipamento específico. Os trabalhos associados a estes códigos são trabalhos gerais das áreas produtivas, que em termos de processo produtivo, qualidade do produto, ou segurança, não apresentam qualquer criticidade ou importância, como se verificará no Capítulo 5 da dissertação.

5. Caso de estudo

5.1. Definição do caso

A gestão da manutenção da FISIFE pretende obter uma organização do seu registo histórico de dados em SAP relativos às intervenções de manutenção – na sua maioria correctiva –, na qual seja possível extrair informações que possam identificar:

- quais os equipamentos onde se registaram mais ocorrências de avaria/falhas;
- onde foram gastas mais horas de trabalho;
- quais os equipamentos que compreenderam uma despesa mais elevada.

A fase inicial do trabalho consistiu, portanto, na recolha de dados proveniente do *software* SAP. Todavia, apesar de todo o registo de dados existente, este não se encontrava organizado de modo a extrair rapidamente os *outputs* que sustentem futuras análises de apoio à decisão. Com estes dados devidamente organizados e fundamentados é possível identificar quais os tipos de avaria mais comuns e as suas origens, e assim gerar informação para administrar planos de acção para evitar/corrigir alguns dos problemas identificados.

5.2. Apresentação do registo de histórico de dados

Para a análise foram consultados os dados das intervenções de manutenção relativos a dois anos consecutivos, compreendidos entre o período de 1 de Janeiro de 2012 a 31 de Dezembro de 2013.

O registo histórico foi consultado em função das datas acordadas para estudo, e seguidamente foram exportados os dados para um documento Excel para posterior análise. O registo analisado é composto por uma amostra de 6396 ocorrências (Tabela 5.1).

Nos dados exportados é possível a consulta relativa aos pedidos de avaria executados durante o período em estudo. De acordo com a terminologia da empresa, os dados utilizados estão organizados nos seguintes campos: 1) data de entrada, 2) início programado, 3) nota de avaria, 4) ordem de trabalho, 5) horas (duração), 6) prioridade, 7) local de instalação (ou código de equipamento), 8) denominação, 9) texto breve, 10) centro de trabalho responsável (C71, E72, I73, M74 e MEI), 11) custos totais reais e 12) custos totais planeados.

Tabela 5.1 – Exemplo de organização dos dados exportados do *software* SAP

Data de entrada	Início prog.	Nota	Ordem	Ordem horas	Pont	H	Pri	Loc.instalação	Denominação	Texto breve	CenTr	Cust.re	Cust. plan	Centro custo	Criado por
20120102	02-01-2012	121000016407	122000015272	122000015272	1	8	1	12-CP-572-A	VÁLV.ROT.DESC. SILO "C"	Reparar valvula rotativa CP-572A	M74	143,28	143,28	12045	12NCAVACO
20120102	02-01-2012	121000016406	122000015271	122000015271	1	8	1	12-CP-636-A	1°BOMBA "DIR.SLUR.COLUMN"	Reparar bomba CP-636A	M74	254,48	182,84	12045	12NCAVACO
20120102	02-01-2012	121000016414	122000015279	122000015279	1	2	1	12-DP-000	GERAL ÁREA DP	VERIF. VALV. DESCARGA VACUO-MIX	I73	56,01	68,03	12047	12LCABRITA
20111230	02-01-2012	121000016383	122000015260	122000015260	1	8	2	12-SP-000	GERAL ÁREA SP	Rep pilar junto ao elevador da C.Cores	C71	143,28	0,00	12050	12NCAVACO
20120102	02-01-2012	121000016413	122000015278	122000015278	1	4	1	12-SP-000	GERAL ÁREA SP	AVARIA NO LOOP SP-PIC-204	I73	91,16	68,03	12050	12LCABRITA
20120102	02-01-2012	121000016411	122000015275	122000015275	2	13	1	12-SP-101-B	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 2 - SPM 2	AVARIA MOTOR 15KW 2°s ROLOS DA SPM2	E72	256,66	162,34	12050	12ASRAIMUNDO
20120102	02-01-2012	121000016410	122000015277	122000015277	1	8	1	12-SP-342	BOMBA DE 55 CR DO SISTEMA 7	Reparar bomba 55CR SPM 7	M74	152,07	80,43	12050	12NCAVACO
20111230	02-01-2012	121000016385	122000015256	122000015256	1	2	2	12-SP-501	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 7 - SPM 7	Reparar rede cuba 55CR spm's 7,8,9	M74	35,82	143,28	12050	12NCAVACO
20111230	02-01-2012	121000016391	122000015257	122000015257	1	2	2	12-SP-502-A	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 8 - SPM 8	PROCEDER À REPARAÇÃO DAS REDES DA CUBA 5	M74	35,82	143,28	12050	12NCAVACO
20111230	02-01-2012	121000016392	122000015258	122000015258	1	2	2	12-SP-502-B	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 9 - SPM 9	PROCEDER À REPARAÇÃO DAS REDES DA CUBA 5	M74	35,46	143,28	12050	12NCAVACO
20111230	02-01-2012	121000016393	122000015259	122000015259	1	2	2	12-SP-502-C	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 10 - SPM 10	PROCEDER À REPARAÇÃO DAS REDES DA CUBA 5	M74	35,82	107,46	12050	12NCAVACO
20120102	02-01-2012	121000016408	122000015270	122000015270	3	19	2	12-SR-286	EVAPORADOR TUBUL.DE VÁCUO	Abriu SRS para desencravar serpentina	M74	459,27	267,02	12049	12NCAVACO
20111226	02-01-2012	121000016345	122000015218	122000015218	1	4	4	12-TF-101-C	3°TQ.ARM.AZ."CR"RECUPERADO	Substituir valvula que dá passagem	M74	769,95	841,59	12089	12NCAVACO
20120102	02-01-2012	121000016372	122000015280	122000015280	2	12	2	12-TF-104-B	2° TQ. ARMAZENAGEM "55CR"	Reparar tubagem de recuperação tq 55CR	M74	214,56	143,28	12089	12NCAVACO
20121205	02-01-2012	121000019328	122000018032	122000018032	4	13	5	12-UT-901	LINHA DE "5S" DAS UT VAPOR DE BAIXA	eliminar fuga vapor linha 1 5S	M74	2.178,88	2.156,42	12064	12BNSANTO
20120103	03-01-2012	121000016423	122000015286	122000015286	2	16	1	12-CB-118-B	PRENSA DE RAMA "B"	ELIMINAR FUGA DE ÓLEO NO CILINDRO	M74	302,02	87,10	12051	12NCAVACO
20120102	03-01-2012	121000016412	122000015281	122000015281	3	20	1	12-CP-564	SECADOR Nº 2	Reparar 1, 5 e 9° baterias do secador	M74	358,20	286,56	12045	12NCAVACO
20120103	03-01-2012	121000016422	122000015285	122000015285	1	4	1	12-SP-101-D	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 4 - SPM 4	COLOCAR BARRA DE RETENÇÃO	M74	77,72	149,36	12050	12NCAVACO
20120102	03-01-2012	121000016415	122000015282	122000015282	1	8	2	12-SP-112-B	SISTEMA Nº2 LUBRIFIC° SP	FUGA DE ÓLEO PELA BOMBA	M74	373,28	301,64	12050	12NCAVACO
20120103	03-01-2012	121000016418	122000015283	122000015283	1	4	1	12-UT-126-C	BOMBA DE ÁGUA	valvula de retenção presa	M74	133,38	123,09	12056	12BNSANTO
20120103	04-01-2012	121000016420	122000015284	122000015284	1	4	2	12-CP-000	GERAL ÁREA CP	Reparar mangueira que está no secador	M74	71,64	144,68	12045	12BNSANTO
20120104	04-01-2012	121000016428	122000015291	122000015291	1	3	1	12-CP-000	GERAL ÁREA CP	VERIF. CAUD. RO. OV. CP-FIC-107/108/534	I73	78,23	136,05	12045	12LCABRITA
20120104	04-01-2012	121000016429	122000015292	122000015292	1	3	1	12-CP-524-D	REACTOR "D", COM AGITADOR	VERIF. E CALIBRAR CAUD. CP-FIC-537	I73	68,03	68,03	12045	12LCABRITA
20120103	04-01-2012	121000016419	122000015287	122000015287	1	4	2	12-CP-607-A	FILTRO 1°BOMBA REFL. "SS"	orringues para o filtro de refluxo	M74	81,56	35,82	12045	12BNSANTO
20120104	04-01-2012	121000016425	122000015289				2	12-DP-000	GERAL ÁREA DP	melhorar sinalética painel transporte	I73	0,00	113,38	12047	12LCABRITA
20120104	04-01-2012	121000016430	122000015293	122000015293	2	5	1	12-IP-204	FORNO DE OXIDAÇÃO 1 (ZONAS 3 E 4)	AVARIA NO TERMORESIS. IP-QE-2188 ZONA 4	E72	284,39	237,23	12006	12LCABRITA

5.3. Metodologia para a análise dos dados

Foi definido, em concordância com o Departamento de Manutenção da FISIPE, que apenas seriam consideradas para análise as ocorrências de manutenção correctiva, ou seja, as avarias. Assim, a base de trabalho serão as ordens de trabalho concluídas, relativas a pedidos feitos aquando a ocorrência de avaria, ou seja, ordens de trabalho fechadas do tipo 1220 no software SAP.

Apresenta-se nesta secção a metodologia utilizada para uma análise e organização inicial dos dados, cujo objectivo é identificar um pequeno lote de equipamentos como críticos sob o ponto de vista da manutenção. No fluxograma de análise dos dados da

Figura 5.1 está representada a metodologia de trabalho utilizada, a qual se pode dividir em cinco etapas fundamentais:

1) Definição do período para análise e consulta do registo histórico

Nesta primeira etapa foi definido todo o objectivo da análise do registo histórico dos dados de manutenção. Definiu-se qual o período que iria ser estudado e quais os tipos de ordens de manutenção que iriam ser consultadas. Posteriormente foi feita a consulta dos dados registados em SAP.

2) Tratamento de dados em Excel

Após a primeira etapa os dados foram organizados em Excel por forma a permitir uma consulta mais simplificada de toda a informação que foi retirada do SAP. Para a consulta organizada os dados foram agrupados numa tabela dinâmica em função do local de instalação.

3) Análise de diagramas de Pareto

Aos dados organizados foram feitas três análises de Pareto segundo os critérios: ordens de trabalho, custos totais reais (representados apenas por custos) e horas. Com os diagramas resultantes foi possível identificar quais os equipamentos que, para a percentagem em estudo, se repetiam nos três critérios.

4) Identificação da lista de equipamentos críticos do ponto de vista da manutenção

Aos equipamentos resultantes da intersecção entre os três critérios, foi aplicada uma classificação ABC para identificar quais os mais críticos no ambiente industrial. Nesta análise resultaram dois tipos de equipamentos, os realmente críticos (classificação A e B), que serão estudados quanto ao tipo de avaria para melhoria ou implementação de filosofias de manutenção, e as áreas gerais (classificação C) que estavam presentes na lista de equipamentos resultante de 3), mas que do ponto de vista da manutenção e da produção não representam qualquer tipo de criticidade.

5) Análise do impacto da lista de equipamentos na empresa

Nesta última etapa, a informação que foi filtrada durante os passos anteriores foi organizada em gráficos circulares de forma a verificar o impacto da lista de equipamentos no ponto de vista global da manutenção na FISIFE. Para essa verificação foram criados três gráficos circulares relativos a ordens, custos e horas em que as fatias foram distribuídas pelos equipamentos críticos para a manutenção, críticos para a produção, áreas gerais e outros.

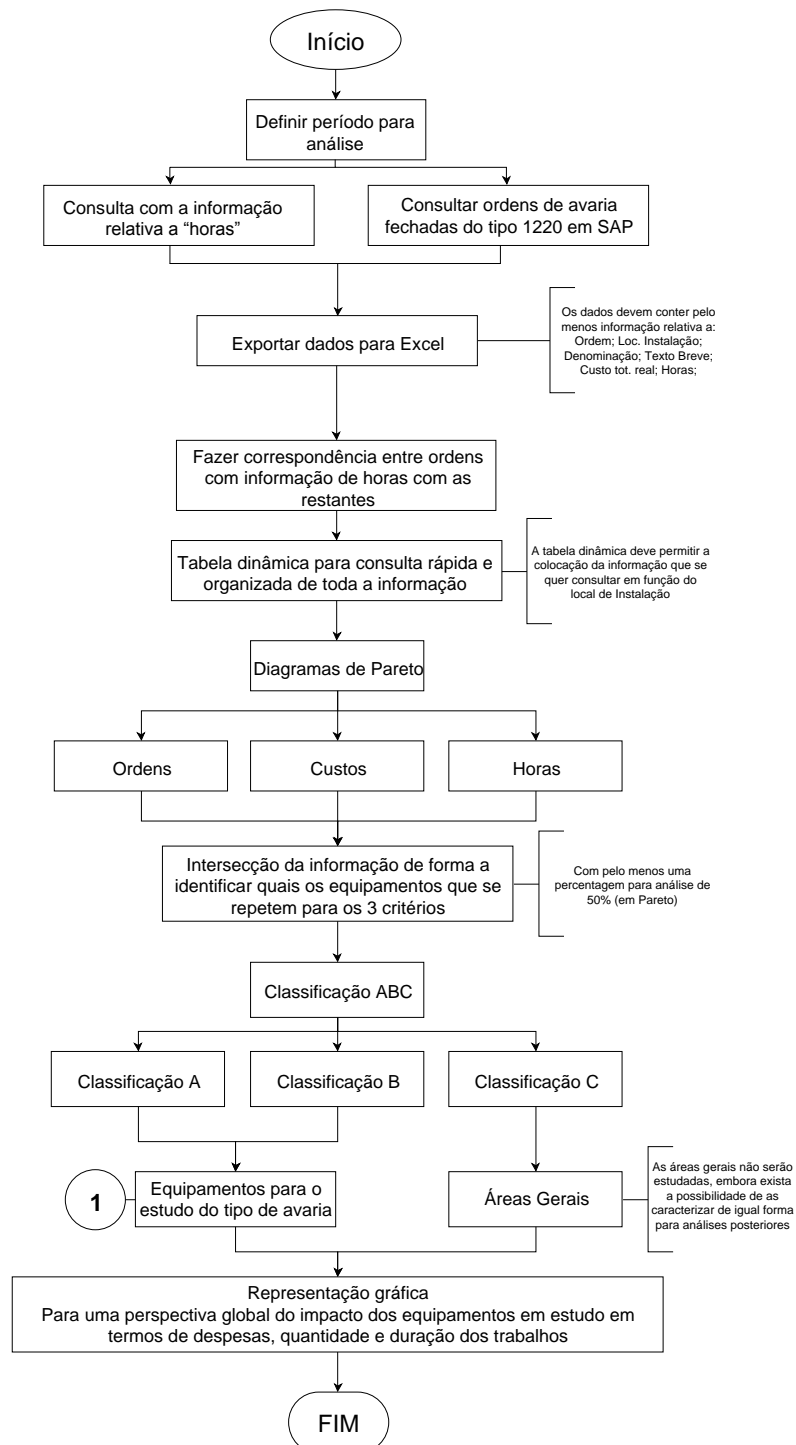


Figura 5.1 – Fluxograma de análise de dados

5.4. Análise dos dados

5.4.1. Consulta do registo histórico de dados

A consulta das ordens de trabalho foi realizada de duas formas diferentes pois, por limitações do *software*, para se tirar os dados para a análise correcta foram necessárias duas consultas. Na primeira consulta, foram exportados os dados relativos às ordens do tipo 1220 no período em estudo com os dados correspondentes a: data de entrada; início programado; nota; ordem; prioridade; local de instalação; denominação; texto breve; centro de trabalho; custos totais reais; custos totais planeados; centro de custo; criado por. Na segunda consulta, para o mesmo período, apenas estavam presentes os dados seguintes: ordem; ponto; horas.

5.4.2. Tratamento em folha de cálculo

Aos dados resultantes das duas consultas teve que se fazer a correcta correspondência, pois as ordens de trabalho com dados sobre horas existiam em menor numero que as com os restantes dados. Esta existência deve-se ao facto de que as ordens que têm dados acerca das horas despendidas foram ordens de trabalho que passaram pela oficina. Nestas, os mecânicos introduziram o ponto sempre que realizavam o trabalho relativo à ordem. As ordens que não continham dados sobre horas foram ordens relativas a serviços externos.

Os dados alinhados correctamente foram organizados inicialmente por forma a consultar a criticidade, em função do local de instalação, do número de avarias, da quantidade de horas despendidas e do total dos custos relativos à manutenção. Com recurso a uma tabela dinâmica de Excel (Tabela 5.2) foi possível agrupar todos os dados em função do local de instalação, possibilitando a consulta destes numa estrutura mais organizada e com a versatilidade de se mudar as filtrações em função dos requisitos da consulta. Como por exemplo:

- Ordens (do local com mais ocorrências para o com menos);
- Custos (do mais para o menos elevado);
- Horas (do com mais duração para o com menos);

Tabela 5.2 – Extracto da tabela dinâmica para visualização dos dados de uma forma mais organizada

Rótulos de Linha	Contagem de Loc.instalação	Soma de Cust.tot.reais (€)	Soma de Horas (h)
12-SP-000	376	90.638,61 €	1983
12-SR-000	176	42.446,26 €	933
12-CB-000	164	48.519,56 €	1026
12-LB-000	157	24.736,40 €	669
12-CP-000	157	47.020,13 €	850
12-DP-000	152	37.618,50 €	865
12-SP-101-C	140	43.413,63 €	1142
12-SP-501	133	39.379,98 €	1004
12-SP-502-C	112	42.934,88 €	881
12-SP-101-D	108	37.875,87 €	824
12-SP-502-B	107	47.746,95 €	973
12-SP-502-A	105	25.547,93 €	763
12-SP-101-E	100	44.187,99 €	852
12-SP-101-B	96	37.093,42 €	801
12-SP-101-A	93	17.121,62 €	754
12-GE-115	68	29.395,80 €	530
12-CB-183	63	16.243,32 €	603
12-CB-161	62	36.658,34 €	496
12-SP-101-F	61	22.572,18 €	370
12-UT-000	58	18.105,46 €	333
12-SP-230	58	23.352,74 €	313
12-SR-286	54	18.859,86 €	847
12-TT-101-B	47	23.423,35 €	371
12-CP-524-D	47	12.860,14 €	303
12-CP-524-A	46	11.304,96 €	310
12-CB-118-C	39	19.199,96 €	404
12-TT-101-A	38	14.342,21 €	196
12-CP-524-B	38	8.001,61 €	277
12-CP-524-C	38	14.236,85 €	172
12-SR-285	36	5.119,13 €	300
12-CP-601	34	6.303,08 €	243
12-TT-000	33	29.601,50 €	153
12-CB-118-B	33	4.918,16 €	361
12-CB-118-A	33	11.598,66 €	245
12-CB-544	30	10.553,16 €	262
12-TT-117-A	28	10.059,42 €	106
12-TF-000	28	4.970,04 €	170
12-TT-122	27	6.601,11 €	237
12-CB-506	26	8.265,70 €	209
12-TT-117-B	24	5.150,15 €	153
12-CP-564	24	7.459,96 €	350
12-SR-154	22	12.282,52 €	147
12-SP-902	22	5.182,59 €	238
12-CP-547	22	16.662,48 €	444
12-SR-145	21	18.850,68 €	508
12-SR-290	21	38.543,25 €	264
12-GE-301	21	9.619,79 €	39
12-DP-102-B	21	13.829,04 €	203
12-DP-237	21	4.376,73 €	119
12-CB-105-A	20	10.527,88 €	91
12-CB-106-B	20	3.749,19 €	152
12-DP-331	18	4.707,76 €	176
12-CB-175-A	18	16.729,92 €	140
12-SR-120	17	3.823,94 €	138
12-SR-220	17	4.909,25 €	112
12-GE-210	17	5.634,22 €	111
12-GE-101	17	3.815,46 €	125
12-SR-162	16	6.150,36 €	121
12-CB-105-B	16	4.344,06 €	80
12-CB-507	16	3.015,38 €	109
12-IP-200	15	3.616,57 €	42
12-DP-314	15	2.364,90 €	169
12-CB-106-A	15	7.549,16 €	94
12-WS-004	14	2.433,47 €	79
(...)	(...)	(...)	(...)
Total Geral	6396	2.186.420,27 €	47786

5.4.3. Análise através de diagramas

Com o recurso à análise de Pareto foram criadas três tabelas e três gráficos respectivos, para se poder analisar a importância de cada equipamento, de um total de 946, onde se registaram avarias no período em estudo, nos critérios inicialmente definidos - ordens (Tabela 5.3, Figura 5.2), custos (Tabela 5.4, Figura 5.3) e horas (Tabela 5.5, Figura 5.4) -, escolhendo-se para análise os equipamentos que se verificassem até uma percentagem acumulada de 50%.

5.4.3.1. Ordens

Para as ordens de trabalho, a Tabela 5.3 e o respectivo gráfico (Figura 5.2) representam a lista de equipamentos resultante para a percentagem escolhida. É possível verificar que o local de instalação onde ocorreram mais avarias foi o 12-SP-000.

Como é possível verificar, as seis primeiras entradas da tabela, ou seja, com maior número de avarias, são áreas gerais, cuja criticidade em termos de processo produtivo é nula, como já foi explicado anteriormente..

Tabela 5.3 – Tabela de Pareto para ordens de trabalho

Local de Instalação	N.º Ocorrências	%	Acumulado %
12-SP-000	376	5,88%	5,88%
12-SR-000	176	2,75%	8,63%
12-CB-000	164	2,56%	11,19%
12-LB-000	157	2,45%	13,65%
12-CP-000	157	2,45%	16,10%
12-DP-000	152	2,38%	18,48%
12-SP-101-C	140	2,19%	20,67%
12-SP-501	133	2,08%	22,75%
12-SP-502-C	112	1,75%	24,50%
12-SP-101-D	108	1,69%	26,19%
12-SP-502-B	107	1,67%	27,86%
12-SP-502-A	105	1,64%	29,50%
12-SP-101-E	100	1,56%	31,07%
12-SP-101-B	96	1,50%	32,57%
12-SP-101-A	93	1,45%	34,02%
12-IP-000	93	1,45%	35,48%
12-GE-115	68	1,06%	36,54%
12-CB-183	63	0,98%	37,52%
12-CB-161	62	0,97%	38,49%
12-SP-101-F	61	0,95%	39,45%
12-SP-230	58	0,91%	40,35%
12-UT-000	58	0,91%	41,26%
12-SR-286	54	0,84%	42,10%
12-TT-101-B	47	0,73%	42,84%
12-CP-524-D	47	0,73%	43,57%
12-CP-524-A	46	0,72%	44,29%
12-CB-118-C	39	0,61%	44,90%
12-TT-101-A	38	0,59%	45,50%
12-CP-524-C	38	0,59%	46,09%
12-CP-524-B	38	0,59%	46,69%
12-SR-285	36	0,56%	47,25%
12-CP-601	34	0,53%	47,78%
12-TT-000	33	0,52%	48,30%
12-CB-118-A	33	0,52%	48,81%
12-CB-118-B	33	0,52%	49,33%
12-CB-544	30	0,47%	49,80%
12-TT-117-A	28	0,44%	50,23%
12-TF-000	28	0,44%	50,67%

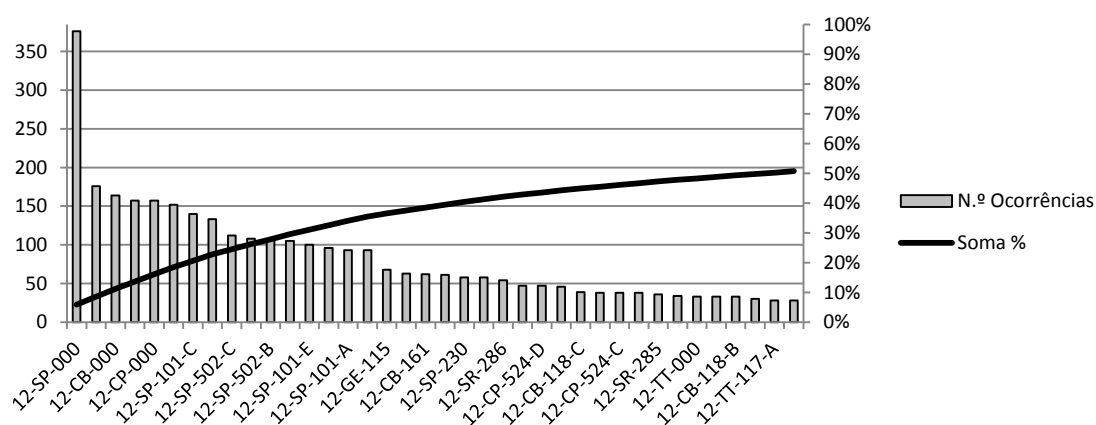


Figura 5.2 – Gráfico de Pareto para ordens de trabalho (até um acumulado de 50%)

5.4.3.2. Custos

De igual forma que para as ordens, a Tabela 5.4 e o gráfico da Figura 5.6 representam a lista de equipamentos dentro da percentagem escolhida, neste caso, para custos. Mais uma vez se verifica que pelo menos os dois itens mais dispendiosos são áreas gerais.

Tabela 5.4 – Tabela de Pareto para custos

Local de Instalação	Custo	%	Acumulado %
12-SP-000	90.638,61 €	4,14%	4,14%
12-CB-000	48.519,56 €	2,22%	6,36%
12-SP-502-B	47.746,95 €	2,18%	8,54%
12-CP-000	47.020,13 €	2,15%	10,69%
12-SP-101-E	44.187,99 €	2,02%	12,70%
12-SP-101-C	43.413,63 €	1,98%	14,69%
12-SP-502-C	42.934,88 €	1,96%	16,65%
12-SR-000	42.446,26 €	1,94%	18,59%
12-SP-501	39.379,98 €	1,80%	20,39%
12-SR-145	38.543,25 €	1,76%	22,15%
12-UT-101-A	38.034,29 €	1,74%	23,89%
12-SP-101-D	37.875,87 €	1,73%	25,62%
12-DP-000	37.618,50 €	1,72%	27,33%
12-SP-101-B	37.093,42 €	1,69%	29,03%
12-CB-183	36.658,34 €	1,67%	30,70%
12-CP-601	29.601,50 €	1,35%	32,06%
12-SP-101-A	29.395,80 €	1,34%	33,40%
12-SP-502-A	25.547,93 €	1,17%	34,57%
12-LB-000	24.736,40 €	1,13%	35,70%
12-SR-286	23.423,35 €	1,07%	36,77%
12-UT-000	23.352,74 €	1,07%	37,83%
12-CB-161	22.572,18 €	1,03%	38,86%
12-CP-524-A	19.199,96 €	0,88%	39,74%
12-SP-230	18.859,86 €	0,86%	40,60%
12-CP-547	18.850,68 €	0,86%	41,46%
12-SP-101-F	18.105,46 €	0,83%	42,29%
12-IP-000	17.121,62 €	0,78%	43,07%
12-DP-331	16.729,92 €	0,76%	43,84%
12-SP-902	16.662,48 €	0,76%	44,60%
12-GE-115	16.243,32 €	0,74%	45,34%
12-UT-121-A	15.599,32 €	0,71%	46,05%
12-CB-118-C	14.342,21 €	0,66%	46,71%
12-CP-524-B	14.236,85 €	0,65%	47,36%
12-GE-301	13.829,04 €	0,63%	47,99%
12-TT-101-B	12.860,14 €	0,59%	48,58%
12-SR-109-A	12.648,60 €	0,58%	49,16%
12-CP-564	12.282,52 €	0,56%	49,72%
12-SR-287	11.978,35 €	0,55%	50,26%
12-CB-118-B	11.598,66 €	0,53%	50,79%

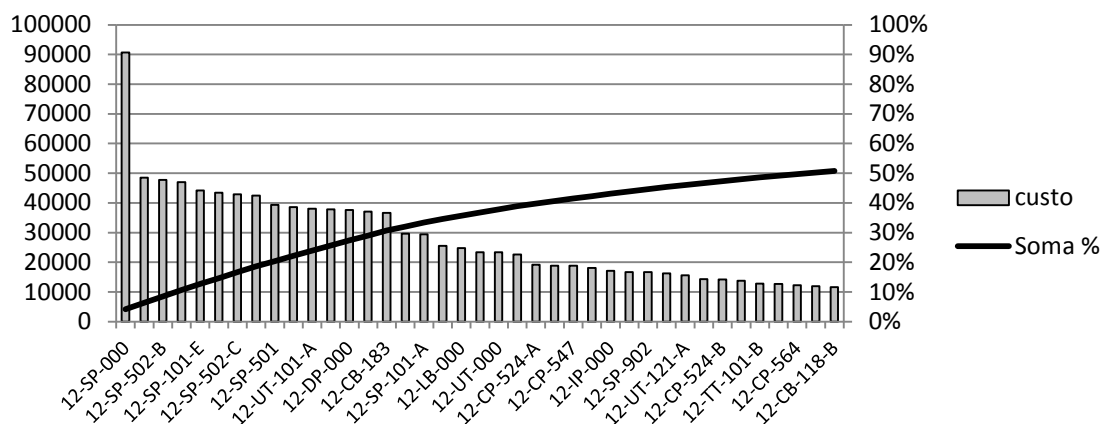


Figura 5.3 – Gráfico de Pareto para custos (até um acumulado de 50%)

5.4.3.3. Horas

Na Tabela 5.5 e no gráfico da Figura 5.7 estão representados os equipamentos que na percentagem em estudo contribuem com um mais tempo gasto nos trabalhos.

Tabela 5.5 – Tabela de Pareto para horas

Local de Instalação	Horas (h)	%	Acumulado %
12-SP-000	1983	4,15%	4,15%
12-SP-101-C	1142	2,39%	6,54%
12-CB-000	1026	2,15%	8,69%
12-SP-501	1004	2,10%	10,79%
12-SP-502-B	973	2,04%	12,82%
12-SR-000	933	1,95%	14,78%
12-SP-502-C	881	1,84%	16,62%
12-DP-000	865	1,81%	18,43%
12-SP-101-E	852	1,78%	20,21%
12-CP-000	850	1,78%	21,99%
12-SR-286	847	1,77%	23,76%
12-SP-101-D	824	1,72%	25,49%
12-SP-101-B	801	1,68%	27,16%
12-SP-502-A	763	1,60%	28,76%
12-SP-101-A	754	1,58%	30,34%
12-LB-000	669	1,40%	31,74%
12-IP-000	612	1,28%	33,02%
12-CB-183	603	1,26%	34,28%
12-GE-115	530	1,11%	35,39%
12-SR-145	508	1,06%	36,45%
12-CB-161	496	1,04%	37,49%
12-CP-547	444	0,93%	38,42%
12-CB-118-C	404	0,85%	39,27%
12-TT-101-B	371	0,78%	40,04%
12-SP-101-F	370	0,77%	40,82%
12-CB-118-B	361	0,76%	41,57%
12-CP-564	350	0,73%	42,31%
12-UT-000	333	0,70%	43,00%
12-SP-230	313	0,66%	43,66%
12-CP-524-A	310	0,65%	44,31%
12-CP-524-D	303	0,63%	44,94%
12-SR-285	300	0,63%	45,57%
12-CP-524-B	277	0,58%	46,15%
12-SR-290	264	0,55%	46,70%
12-CB-544	262	0,55%	47,25%
12-CB-118-A	245	0,51%	47,76%
12-CP-601	243	0,51%	48,27%
12-SP-902	238	0,50%	48,77%
12-TT-122	237	0,50%	49,26%
12-SR-287	213	0,45%	49,71%
12-CB-506	209	0,44%	50,15%
12-DP-151	207	0,43%	50,58%

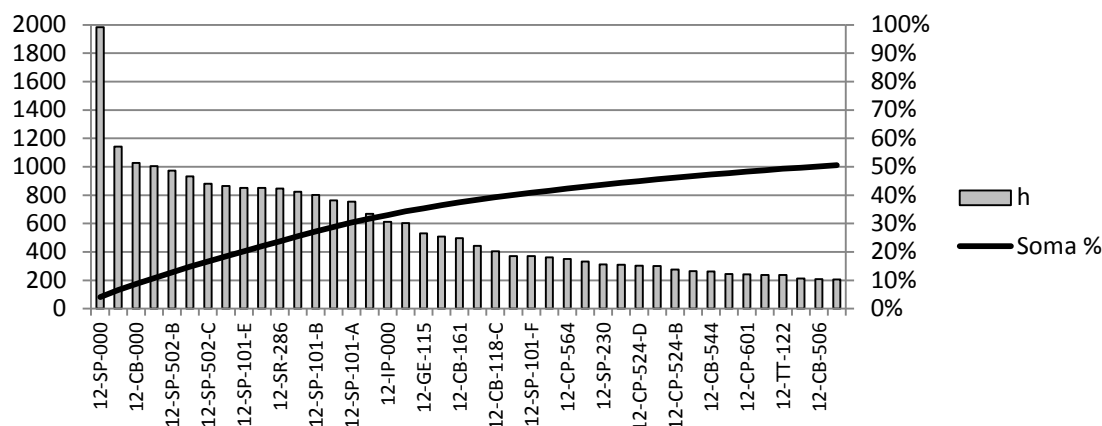


Figura 5.4 – Gráfico de Pareto para horas (até um acumulado de 50%)

5.4.4. Identificação dos equipamentos críticos

Após a análise dos dados presentes em cada gráfico, intersectou-se a informação contida em cada tabela de forma a identificar quais os equipamentos que, para os três critérios, eram comuns às três situações distintas. Isto, de forma a evitar situações de equipamentos que tendo apenas uma ou duas intervenções apresentem um custo ou numero de horas muito elevado, como por exemplo, o caso do equipamento 12-UT-101-A, que com apenas duas ordens de trabalho, apresenta um custo de 38.034,29€ (Tabela 5.4), desvirtuando portanto a seu peso comparativamente aos restantes equipamentos.

Desta forma resultou a lista apresentada na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Intersecção dos equipamentos de acordo com os critérios

Loc. Inst.	n.º intersecções	Loc. Inst.	n.º
12-SP-000	3	12-TT-101-B	3
12-SP-502-B	3	12-CB-118-B	3
12-CP-000	3	12-CB-000	2
12-SP-101-E	3	12-SR-145	2
12-SP-101-C	3	12-CP-547	2
12-SP-502-C	3	12-SP-902	2
12-SR-000	3	12-CP-564	2
12-SP-501	3	12-SR-287	2
12-SP-101-D	3	12-CP-524-D	2
12-DP-000	3	12-CB-118-A	2
12-SP-101-B	3	12-CB-544	2
12-CB-183	3	12-SR-285	2
12-CP-601	3	12-UT-101-A	1
12-SP-101-A	3	12-DP-331	1
12-SP-502-A	3	12-UT-121-A	1
12-LB-000	3	12-GE-301	1
12-SR-286	3	12-SR-109-A	1
12-UT-000	3	12-SR-290	1
12-CB-161	3	12-TT-122	1
12-CP-524-A	3	12-TT-101-A	1
12-SP-230	3	12-DP-151	1
12-SP-101-F	3	12-TF-000	1
12-IP-000	3	12-CB-506	1
12-GE-115	3	12-CP-524-C	1
12-CB-118-C	3	12-TT-117-A	1
12-CP-524-B	3	12-TT-000	1

Aos equipamentos que eram comuns aos três critérios foi feita uma caracterização ABC (Anexo 1 – Classificação ABC) por forma a identificar a sua criticidade (Tabela 5.7).

Com este tipo de caracterização foi possível separar os equipamentos em três categorias:

- Categoria A – equipamentos críticos para o processo, que podem pôr em causa a produção ou a segurança na ocorrência de falha. Sendo necessário aplicar políticas de manutenção preditiva e preventiva bem como a aplicação de metodologias para análise de falhas.
- Categoria B – equipamentos importantes para o processo, menos importantes que os de classificação A, mas ainda assim será necessária uma análise das falhas pela manutenção;
- Categoria C – equipamentos de baixo impacto no processo, a estes podem ser aplicadas políticas de manutenção preditiva ou correctiva.

Tabela 5.7 – Classificação ABC de equipamentos de acordo com a sua criticidade

Loc. Instalação	Denominação	Classificação
12-CP-524-A	Reactor A	A
12-CP-524-B	Reactor B	A
12-CP-601	COLUNA "SLURRY STRIPPING"	A
12-SP-101-A	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 1 - SPM 1	A
12-SP-101-B	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 2 - SPM 2	A
12-SP-101-C	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 3 - SPM 3	A
12-SP-101-D	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 4 - SPM 4	A
12-SP-101-E	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 5 - SPM 5	A
12-SP-101-F	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 6 - SPM 6	A
12-SP-230	COZINHA DE CORES GEL-DYEING	A
12-SP-501	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 7 - SPM 7	A
12-SP-502-A	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 8 - SPM 8	A
12-SP-502-B	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 9 - SPM 9	A
12-SP-502-C	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 10 - SPM 10	A
12-SR-286	EVAPORADOR TUBUL.DE VÁCUO	A
12-CB-118-B	PRENSA DE RAMA "B"	B
12-CB-118-C	PRENSA DE RAMA "C"	B
12-CB-161	AUTOCLAVE "D"	B
12-CB-183	AUTOCLAVE "E"	B
12-TT-101-B	"SEYDELL" Nº 3 ("C")	B
12-CP-000	GERAL ÁREA CP	C
12-DP-000	GERAL ÁREA DP	C
12-GE-115	A.P.A. (ARM. PRODº ACABº)	C
12-IP-000	GERAL INSTALAÇÃO-PILOTO	C
12-LB-000	GERAL ÁREA LB	C
12-SP-000	GERAL ÁREA SP	C
12-SR-000	GERAL ÁREA SR	C
12-UT-000	GERAL ÁREA UT	C

Para o caso em estudo, os equipamentos considerados como categoria C são todos os que estão identificados por 12-XX-000, ou seja, as áreas gerais de cada processo. Estas são os locais físicos onde se encontram os equipamentos, e apesar de contribuírem com gastos elevados por parte de tempo e de capital investido na manutenção, não põem em causa qualquer processo produtivo. Por parte de uma gestão da manutenção mais cuidada é importante referir que terá que ser tomada alguma acção em prol

dos gastos elevados que estes casos contribuem, através de uma análise futura. Mas para efeitos de análise de avarias, estas áreas não contribuem como equipamentos críticos.

Do ponto de vista do estudo do tipo de avaria, foram adicionados a esta lista quatro equipamentos semelhantes aos já filtrados, pois para identificar avarias comuns é importante estudar todos os equipamentos semelhantes aos que resultaram na análise anterior. Desta forma, foram adicionados para estudo os reactores C e D (12-CP-524-C e D), a prensa de rama A (12-CB-118-A) e a Seydell B (12-TT-101-A). Assim, a nova lista de equipamentos críticos para o estudo do tipo de avaria passa a estar representada pela Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Lista de equipamentos para estudo de acordo com a criticidade

Loc. Instalação	Denominação	Classificação
12-CP-524-A	Reactor A	A
12-CP-524-B	Reactor B	A
12-CP-524-C	Reactor C	A
12-CP-524-D	Reactor D	A
12-CP-601	COLUNA "SLURRY STRIPPING"	A
12-SP-101-A	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 1 - SPM 1	A
12-SP-101-B	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 2 - SPM 2	A
12-SP-101-C	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 3 - SPM 3	A
12-SP-101-D	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 4 - SPM 4	A
12-SP-101-E	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 5 - SPM 5	A
12-SP-101-F	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 6 - SPM 6	A
12-SP-230	COZINHA DE CORES GEL-DYEING	A
12-SP-501	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 7 - SPM 7	A
12-SP-502-A	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 8 - SPM 8	A
12-SP-502-B	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 9 - SPM 9	A
12-SP-502-C	MÁQUINA DE "SPINNING" Nº 10 - SPM 10	A
12-SR-286	EVAPORADOR TUBUL.DE VÁCUO	A
12-CB-118-A	PRENSA DE RAMA "A"	B
12-CB-118-B	PRENSA DE RAMA "B"	B
12-CB-118-C	PRENSA DE RAMA "C"	B
12-CB-161	AUTOCLAVE "D"	B
12-CB-183	AUTOCLAVE "E"	B
12-TT-101-A	"SEYDELL" Nº 2 ("B")	B
12-TT-101-B	"SEYDELL" Nº 3 ("C")	B

5.4.5. Análise do impacto da lista de equipamentos na empresa

Posteriormente resultam uma série de gráficos circulares para mostrar o impacto da lista de equipamentos e áreas gerais na FISIFE a nível de ordens (Figura 5.5), horas (Figura 5.6) e custos (Figura 5.7).

Para comparação dos dados foi fornecida pela empresa uma lista de equipamentos que as áreas de produção consideram críticos para o processo. Nestes gráficos é possível verificar que os equipamentos considerados como críticos por parte da produção, no período estudado, não tiveram um número de intervenções nem custos significativos, ou seja, apesar de serem críticos para o processo produtivo, estes não são os que mais problemas dão à manutenção.

É também possível verificar em todos os gráficos que a lista de equipamentos resultante da análise e identificada na Tabela 5.8 contribui com um peso de aproximadamente 26% para o critério de ordens de trabalho e de 28% para os critérios restantes, custos e horas.

Ou seja em 24 equipamentos, que correspondem aproximadamente a 2,5% do total de equipamentos onde se registaram avarias em dois anos consecutivos na instalação, estão compreendidos mais de um quarto dos trabalhos realizados.

Ordens

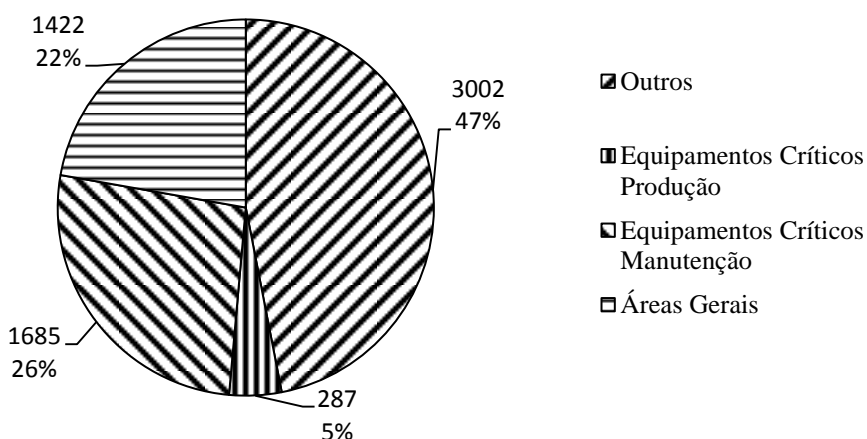


Figura 5.5 – Gráfico circular para ordens

Custo

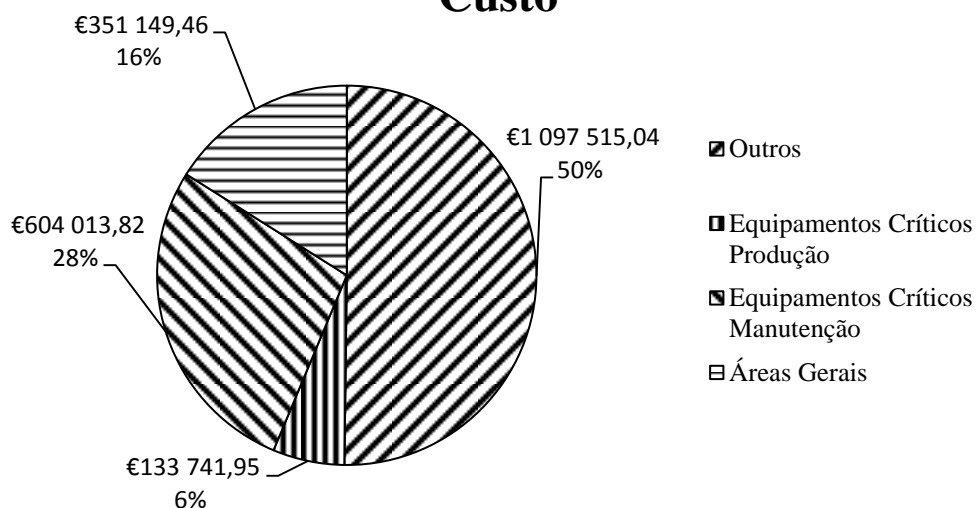


Figura 5.6 – Gráfico circular para custos

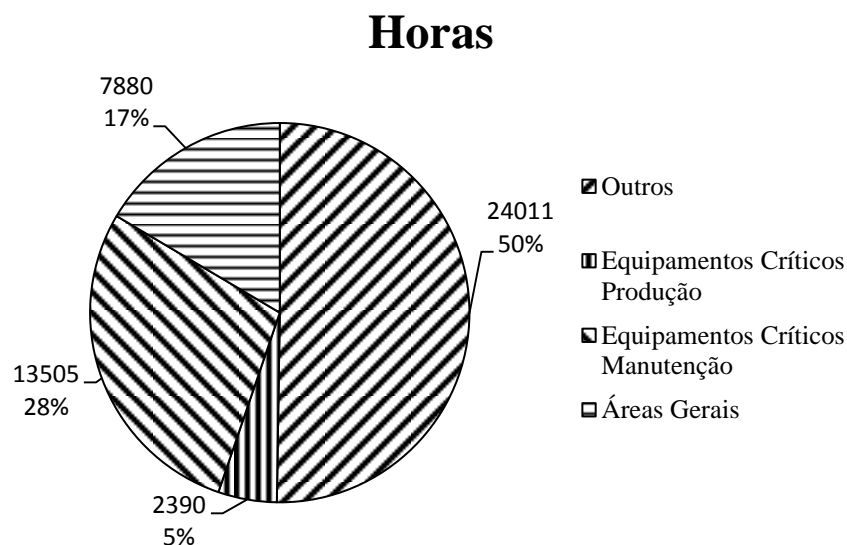


Figura 5.7 – Gráfico circular para horas

Desta forma fica concluída a primeira fase de organização e segmentação dos dados retirados (Figura 5.1). Seguidamente, a lista de equipamentos críticos para a manutenção representada na Tabela 5.8 será sujeita a um processo de caracterização de avarias comuns por categorias.

5.4.6. Exemplos de outras aplicações da metodologia

Com a versatilidade da utilização de uma tabela dinâmica para organização dos dados é possível realizar outros tipos de análises aos dados resultantes da consulta inicial, seguindo a mesma metodologia representada no fluxograma de análise dos dados

(Figura 5.1).

Por exemplo, de um ponto de vista mais financeiro, pode analisar-se a diferença e os rácios entre custos totais planeados e custos reais. No presente caso corresponde a um indicador de 1,63% (calculado com base em indicações das Compras), na diferença entre os custos reais e os custos planeados, o que corresponde a um valor total bruto de 35.000,00€. Alternativamente pode-se colocar os custos em função do centro de trabalho para uma análise de capital investido na manutenção.

Variando os rótulos e as filtragens na tabela dinâmica apresentada na Figura 5.8 permite ao utilizador organizar uma série de dados em categorias simples, o que permite uma consulta facilitada para o tipo de análise que se pretenda realizar.

The screenshot displays the Microsoft Excel interface with a dynamic table. The table has three columns: 'Rótulos de Linha', 'Soma de Cust.tot.reais', and 'Soma de Custos tot.plan'. The 'Rótulos de Linha' column lists various items, and the other two columns show numerical values. The right sidebar shows the 'Lista de campos da tabela dinâmica' (Dynamic Table Fields List) with 'Rótulos de Linha' and 'Valores' sections. A red box highlights the 'Rótulos de Linha' section, and a red arrow points to the 'Rótulos de Linha' field in the 'Rótulos de Coluna' section.

Rótulos de Linha	Soma de Cust.tot.reais	Soma de Custos tot.plan
12-SP-000	90638,61	91473,98
12-CB-000	48519,56	43858,13
12-SP-502-B	47746,95	41692,91
12-CP-000	47020,13	50677,87
12-SP-101-E	44187,99	32122,18
12-SP-101-C	43413,63	42296,14
12-SP-502-C	42934,88	46760,51
12-SR-000	42446,26	47500,45
12-SP-501	39379,98	42107,52
12-SR-145	38543,25	34423,82
12-UT-101-A	38034,29	38140,37
12-SP-101-D	37875,87	35507,87
12-DP-000	37618,5	35695,72
12-SP-101-B	37093,42	35437,74
12-CB-183	36658,34	31131,84
12-CP-601	29601,5	31552,96
12-SP-101-A	29395,8	26839,71
12-SP-502-A	25547,93	23690,69
12-LB-000	24736,4	26364,1
12-SR-286	23423,35	15617,6
12-UT-000	23352,74	21253,49
12-CB-161	22572,18	17471,03
12-CP-524-A	19199,96	20005,21
12-SP-230	18859,86	31697,69
12-CP-547	18850,68	13146,78
12-SP-101-F	18105,46	16442,54
12-IP-000	17121,62	14124,96
12-DP-331	16729,92	14033,95
12-SP-902	16662,48	17624,93
12-GE-115	16243,32	19026,9
12-UT-121-A	15599,32	14369,84
12-CB-118-C	14342,21	10197,5
12-CP-524-B	14236,85	16253,15
12-GE-301	13829,04	14243,38
12-TT-101-R	12860,14	9563,87

Figura 5.8 – Exemplo de tabela dinâmica em Excel

5.4.7. Classificação do tipo de avaria

5.4.7.1. Fluxograma para classificação de avaria

Concluída a primeira fase de caracterização de equipamentos mais críticos, onde foram identificados os equipamentos nos quais ocorreram mais avarias e onde se gastou mais tempo e dinheiro, procedeu-se ao processo de caracterização do tipo de avaria representado pelo fluxograma da Figura 5.9.

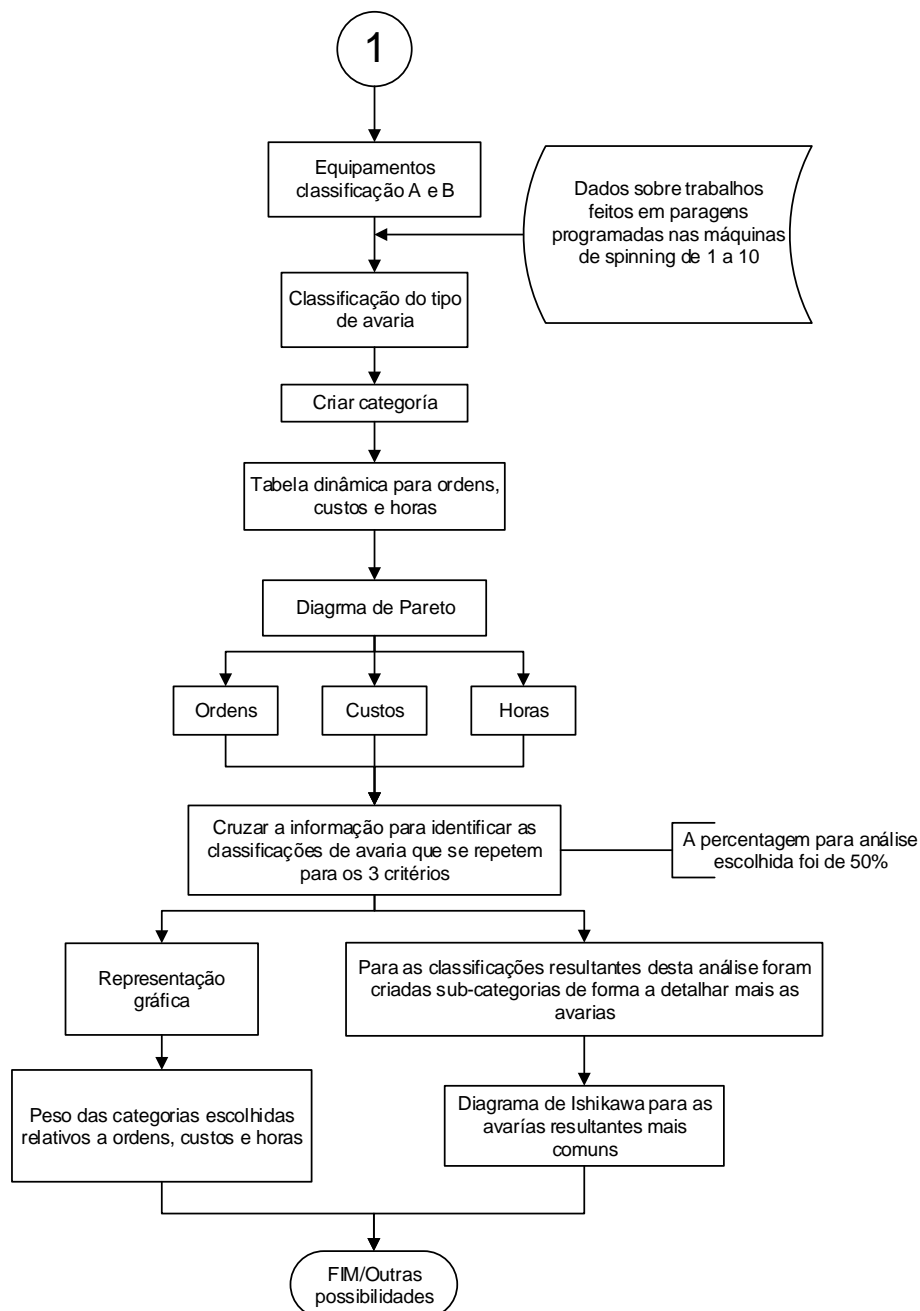


Figura 5.9 – Fluxograma para classificação de avaria

5.4.7.2. Dados sobre paragens programadas

Para a análise completa das avarias comuns foi adicionada informação referente aos trabalhos feitos em paragens programadas para avarias (nas máquinas de *Spinning* de 1 a 10) proveniente de um documento em Excel e que não estava registada no *software* SAP (Tabela 5.9) .

Desta forma deixa de ser possível contabilizar a informação como “ordem de trabalho”, pois numa ordem que continha apenas a informação – PARAGEM PROGRAMADA – passou a ter-se uma lista de trabalhos feitos. Assim, a partir deste ponto e para efeitos de análise são contabilizados trabalhos e não ordens de trabalho. O mesmo não se verifica para custos e horas pois o total não se altera, uma vez que estes já estavam contabilizados na ordem com a informação – PARAGEM PROGRAMADA.

Tabela 5.9 – Exemplo de tabela com informação sobre trabalhos realizados em paragens programadas das SPM's 1 a 10

SPM	Data	Zona	Trabalho	Prioridade	Responsável	Efectuado
1	19-12-2013	Frisagem	VERIFICAR CRIMPERS (ver Erro! A origem da referência não foi encontrada.): Abrir, inspeccionar e lubrificar cilindro do veio basculante - Desmontar bimba - Estado dos rolos - Placas móvel e fixa REGISTAR NA FOLHA DE INSPECÇÃO DE CRIMPERS	GP1	Marco	VERDADEIRO
1	12-12-2013	Cubas	Verificar borboletas tmf 1 e 2 não estão em condições	GP1	C.T	VERDADEIRO
1	09-12-2013	Geral	Protecções das ventoinhas da FM 7	GP1	Garcia	VERDADEIRO
1	04-12-2013	Rolos	FUGAS JUNTAS ROTATIVAS: 2II1, 2II (VÁLVULA ENTRADA)	GP1	Bruno	VERDADEIRO
1	03-12-2013	Geral	Motorotor dos 3º e 4º rolos perde muito óleo no acoplamento para carter dos 3º rolos.	GPP	Ventura	FALSO
1	27-11-2013	Rolos	Fuga de vapor na frente do rolo: 1,2 I,3,6,21 S.	GPP	Ventura	VERDADEIRO
1	21-11-2013	Rolos	Fuga de vapor 1 e 2I,21S	GPP	Ventura	VERDADEIRO
1	12-11-2013	Geral	Protecção da ventoinha dos motores das FMs 1, 4, 5	GP1	Garcia	VERDADEIRO
1	07-11-2013	Geral	Protecção da ventoinha do motor da FM7 deficiente. ESHA	GP1	Garcia	VERDADEIRO
1	29-10-2013	Instrumentação	substituir caudalímetro de BC, tem escala não adequada	GP1	C.T	VERDADEIRO
1	28-10-2013	Rolos	Fuga de óleo rolo 4,6,9,10,20 I e rolo 10S. Fuga de vapor rolo 18S.	GPP	Ventura	VERDADEIRO
1	27-10-2013	Sistemas auxil.	Lubrificar válvula vapor aos rolos secadores.	GPP	C.T	FALSO
1	22-10-2013	Portas	Porta dos rolos 1	GPP	Garcia	VERDADEIRO
1	18-10-2013	Rolos	Rolo 18S perde pela frente.	GPP	Ventura	VERDADEIRO
1	18-10-2013	Bombas	Substituir empanque da FM7	GPP	Ventura	VERDADEIRO
1	17-10-2013	Rolos	ROLO N.4 NÃO AQUECE.	GP1	Bruno	VERDADEIRO
1	17-10-2013	Geral	Eliminar arestas cortantes ao longo da Máquina	GP1	Garcia	VERDADEIRO
1	08-10-2013	Autómato	Indicador de Temperatura da Tm7 não trabalha.	GP1	C.T	VERDADEIRO
1	08-10-2013	Geral	Repor iluminação nas traseiras da SPM	GP1	Garcia	VERDADEIRO
1	07-10-2013	Rolos	FUGA ÓLEO: 2S15,2S11,2S10,2I9,2S6,2S1.	GP1	Bruno	VERDADEIRO
2	19-12-2013	Frisagem	VERIFICAR CRIMPERS: - Abrir, inspeccionar e lubrificar cilindro do veio basculante - Desmontar bimba - Estado dos rolos - Placas móvel e fixa REGISTAR NA FOLHA DE INSPECÇÃO DE CRIMPERS	GP1	Marco	VERDADEIRO
2	04-12-2013	Rolos	FUGA JUNTA ROTATIVAS: 2II5	GP1	Bruno	VERDADEIRO
2	03-12-2013	Rolos	Rotativa do rolo 14S.	GPP	Ventura	VERDADEIRO
2	26-11-2013	Geral	reparar rede do cesto do tanque 55cr	GP1	C.T	VERDADEIRO
2	13-11-2013	Portas	Porta da cuba de 55 CR anterior cabo partido	GPP	C.T	VERDADEIRO

5.4.7.3. Resultados da classificação

Para a caracterização do tipo de avaria foi necessário consultar, na lista de equipamentos críticos resultante em 5.4.4, todo o texto informativo referente às ordens de trabalho realizadas.

Assim foram criadas categorias de manutenção, em função do tipo de trabalho realizado, para um variadíssimo leque de problemas, como no seguinte exemplo representado pela Tabela 5.10.

Tabela 5.10 – Tabela exemplo de caracterização de avarias

Texto breve (SAP)	Categorias de manutenção
Substituir empanque da FM7	Bombas
Válvula de injeção de vapor on/off está a perder.	Válvulas
Abrir tampas dos Crimpers para inspeccionar carretos	Motorizações
AVARIA NA FOTO-CELULA CRIMPER 2B	Geral instrumentação
Afinar tampas FMs 1, 2, 3 e 4	Geral mecânica
Botoneira de paragem das Bombas SP não funciona	Geral eléctrica
Rolo 18S perde pela frente.	Rolos
Limpar rotor das bombas de transfega e TMF.	Bombas de recirculação
Substituir motor recirculação tm4 spm1	Motores
Colocar iluminação traseiras Spm1	Iluminação

A utilização deste tipo de caracterização resultou num total de 55 categorias diferentes para os vários problemas que estavam registados. Agrupando mais uma vez a informação numa tabela dinâmica é possível a consulta do número de vezes que determinado tipo de avaria acontece, dos seus custos e do total de tempo despendido (Tabela 5.11).

Tabela 5.11 – Tabela dinâmica para categorias de manutenção

Rótulos de Linha	Soma de Trabalhos	Soma de Cust.tot.reais	Soma de Horas
Rolos	516	40.697,16 €	1392,37
Bombas Recirculação	357	15.146,14 €	522,99
Válvulas	240	41.456,93 €	994,66
Geral Mecânica	210	20.247,47 €	804,07
Cubas	200	12.044,04 €	455,69
Geral Instrumentação	157	34.972,21 €	623,11
Portas	147	8.983,19 €	336,63
Mesas Lavagem	113	10.275,18 €	440,45
Caudalímetro	110	20.283,93 €	447,73
Motores	105	39.450,58 €	622,22
Frisadores	90	5.012,45 €	178,87
Fugas	88	10.498,35 €	403,47
Motorizações	82	70.777,65 €	862,81
Geral Elétrica	78	18.268,27 €	238,65
Juntas Rotativas	66	2.693,10 €	83,06
Tubagem	60	10.615,80 €	361,39
Isolamentos	47	10.057,09 €	154,34
Serpentina	42	19.527,87 €	771,00
Bombas SP	37	8.989,64 €	170,79
Fuga de óleo	36	8.151,91 €	356,52
Bombas	36	11.533,14 €	166,10
Abertura/Inspeção	36	7.821,95 €	190,00
Sensores	33	7.206,49 €	157,28
Variadores	33	25.650,24 €	177,99
Nível	29	2.522,43 €	111,37
Tow-bar	26	11.270,32 €	133,82
Plataforma	24	29.173,07 €	511,00
Fuga de Vapor	22	3.168,32 €	98,81
J-box	21	888,99 €	33,69
Alarmes	21	4.039,24 €	63,00
Condutas	21	1.648,10 €	74,85
Manómetros	20	2.390,94 €	50,59
Bloco Seydel	19	6.768,23 €	160,00
Temperatura	17	4.112,20 €	93,33
Ar Comprimido	17	1.982,45 €	83,30
Civil	15	2.499,16 €	79,46
Juntas	14	1.480,71 €	79,00
Soldadura	13	7.278,11 €	68,63
Garfos	12	2.579,06 €	98,00
Purgador	11	5.526,61 €	40,71
Crimpers	11	4.128,41 €	124,00
Rotação	11	5.219,84 €	139,00
Tranca	8	2.382,98 €	55,00
Prensagem	8	11.268,72 €	223,00
Iluminação	7	916,50 €	31,76
Limpezas Alta Pressão	7	18.582,02 €	36,00
Tesoura	7	1.458,65 €	40,00
Tow-Piddler	6	485,60 €	18,77
Potes	4	540,06 €	23,00
Empanques	4	2.376,58 €	39,00
Detectores rolhões	4	342,98 €	12,00
Limpezas Químicas	3	7.780,55 €	28,00
Guilhotina	2	208,54 €	16,00
Rampa	2	371,36 €	19,00
Limpezas	2	262,31 €	8,71
Total Geral	3307	604.013,82 €	13505,00

5.4.7.4. Novos diagramas de Pareto

Da mesma forma que em 5.4.3, estes novos dados foram filtrados com recurso do diagrama de Pareto, escolhendo para análise novamente a percentagem acumulada de 50% para trabalhos (Tabela 5.12), para custos (Tabela 5.13) e para horas (Tabela 5.14).

Tabela 5.12 – Tabela de Pareto para trabalhos

Categorias de manutenção	Contagem trabalhos	%	Acumulado %
Rolos	516	15,6%	15,6%
Bombas Recirculação	357	10,8%	26,4%
Válvulas	240	7,3%	33,7%
Geral Mecânica	210	6,4%	40,0%
Cubas	200	6,0%	46,1%
Geral Instrumentação	157	4,7%	50,8%

Tabela 5.13 – Tabela de Pareto para custos

Categorias de manutenção	Contagem custos	%	Acumulado %
Motorizações	70.777,65 €	11,7%	12%
Válvulas	41.456,93 €	6,9%	18,6%
Rolos	40.697,16 €	6,7%	25,3%
Motores	39.450,58 €	6,5%	31,9%
Geral Instrumentação	34.972,21 €	5,8%	37,6%
Plataforma	29.173,07 €	4,8%	42,5%
Variadores	25.650,24 €	4,2%	46,7%
Caudalímetro	20.283,93 €	3,4%	50,1%

Tabela 5.14 – Tabela de Pareto para horas

Categorias de manutenção	Contagem horas	%	Acumulado %
Rolos	1392,37	10,3%	10,3%
Válvulas	994,66	7,4%	17,7%
Motorizações	862,81	6,4%	24,1%
Geral Mecânica	804,07	6,0%	30,0%
Serpentina	771,00	5,7%	35,7%
Geral Instrumentação	623,11	4,6%	40,3%
Motores	622,22	4,6%	44,9%
Bombas Recirculação	522,99	3,9%	48,8%

5.4.7.5. Categorias resultantes e categorias relevantes para a manutenção

As categorias que resultaram desta nova filtragem foram: válvulas, rolos e geral instrumentação, conforme a Tabela 5.15. Foram consideradas para análise não só as categorias resultantes da intersecção em Pareto mas também as categorias: motorizações, bombas de recirculação, motores e serpentina. A categoria geral de instrumentação foi retirada de estudo pois,

como o próprio nome indica, são trabalhos gerais que não se agrupam em nenhum tipo específico; assim não é tão relevante para o estudo do tipo de avaria.

Tabela 5.15 – Intersecção das categorias resultantes em Pareto

Rótulos de Linha	Contagem de Intersecção
<u>Geral Instrumentação</u>	<u>3</u>
<u>Rolos</u>	<u>3</u>
<u>Válvulas</u>	<u>3</u>
Motorizações	2
Bombas Recirculação	2
Geral Mecânica	2
Motores	2
Cubas	1
Plataforma	1
Variadores	1
Caudalímetro	1
Serpentina	1
Total Geral	22

Algumas das categorias criadas eram demasiado abrangentes, portanto, foram criadas novas subcategorias para se tentar detalhar mais os problemas.

Na Figura 5.10 é possível ver os custos detalhados da forma como se foi filtrando a informação. É possível verificar também que apesar das categorias resultantes da filtragem serem apenas três, o estudo focou-se em pelo menos seis, dado que do ponto de vista da gestão da manutenção na FISIFE, estas são consideradas um elemento de estudo importante.

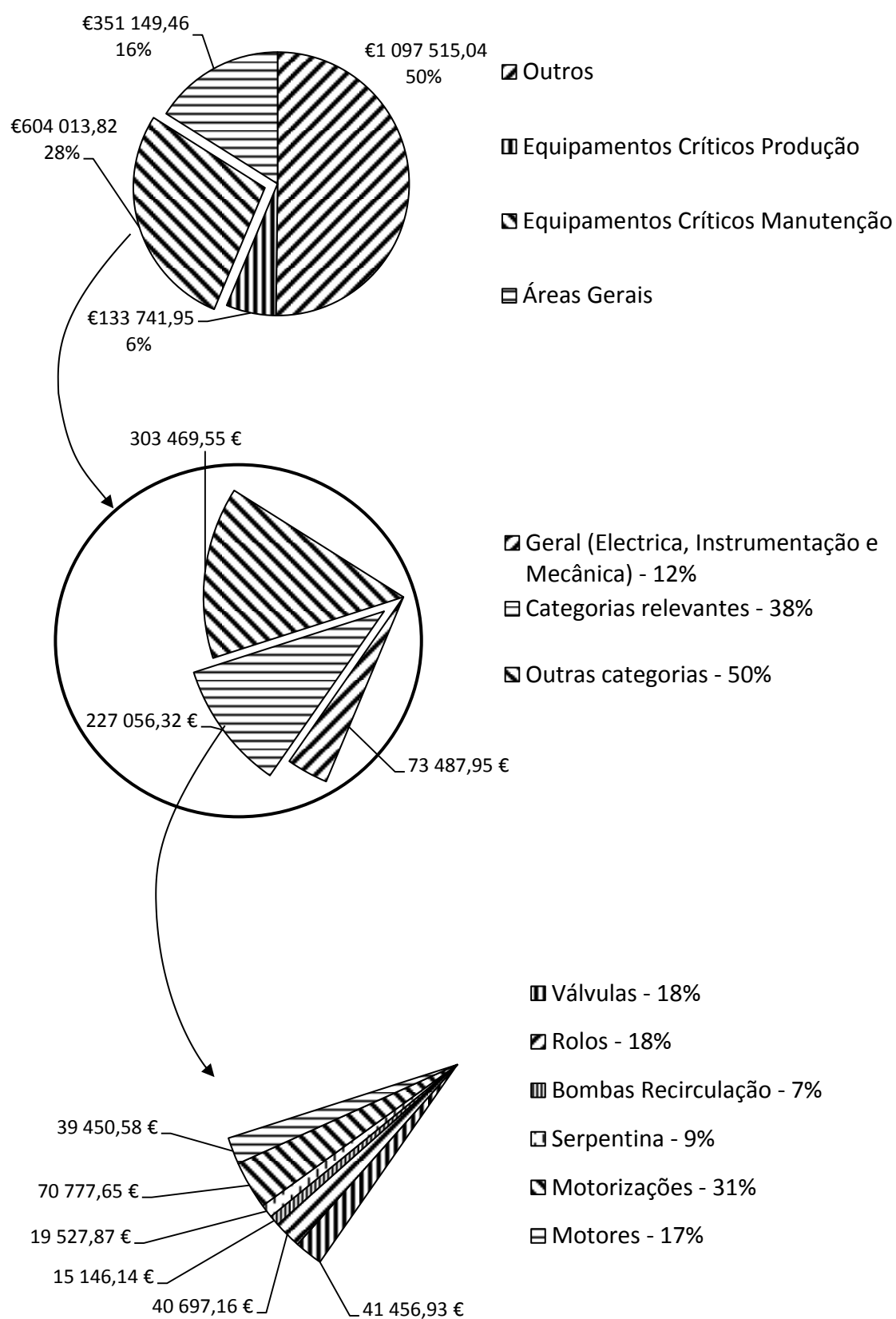


Figura 5.10 – Representação dos custos e respectivos pesos percentuais nas categorias de manutenção criadas

5.4.7.6. Identificação de causas via Diagrama de Ishikawa

Com recurso ao diagrama de Ishikawa, ou diagrama de causa e efeito, foram criados alguns diagramas para categorias e subcategorias, mais relevantes, resultantes da análise anterior.

De seguida encontram-se representados os diagramas que servirão de apoio a decisões futuras por parte da empresa:

- Válvulas manuais, Figura 5.11;
- Válvulas automáticas, Figura 5.12;
- Serpentina, Figura 5.13;
- Bombas de recirculação, Figura 5.14;
- Rolos, Figura 5.15.

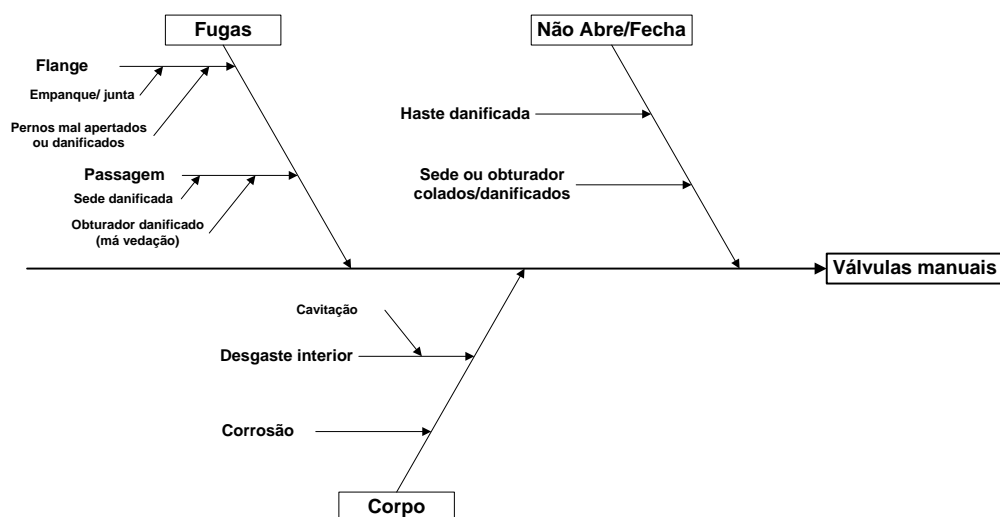


Figura 5.11 – Diagrama de Ishikawa para válvulas manuais

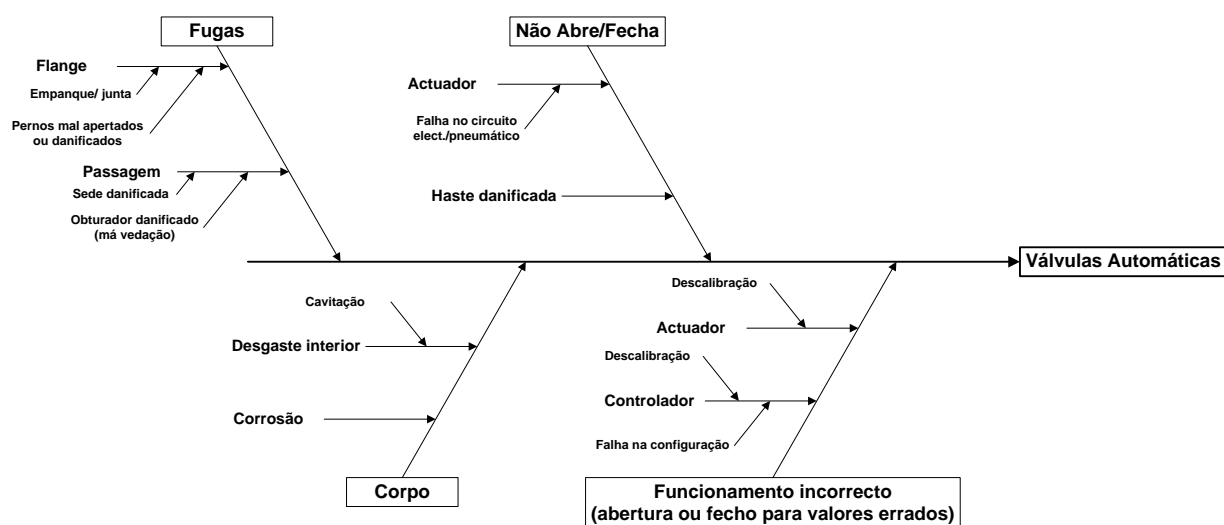


Figura 5.12 – Diagrama de Ishikawa para válvulas automáticas

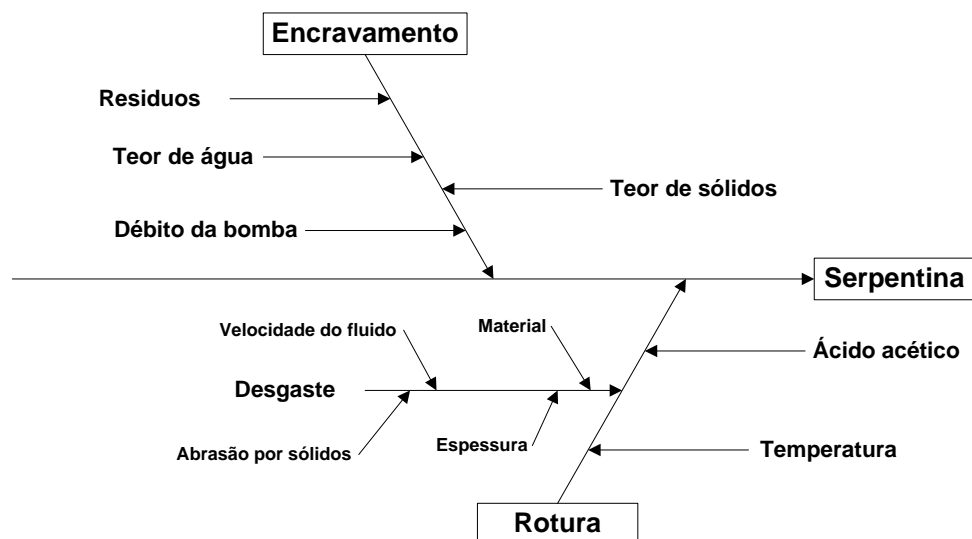


Figura 5.13 – Diagrama de Ishikawa para a serpentina

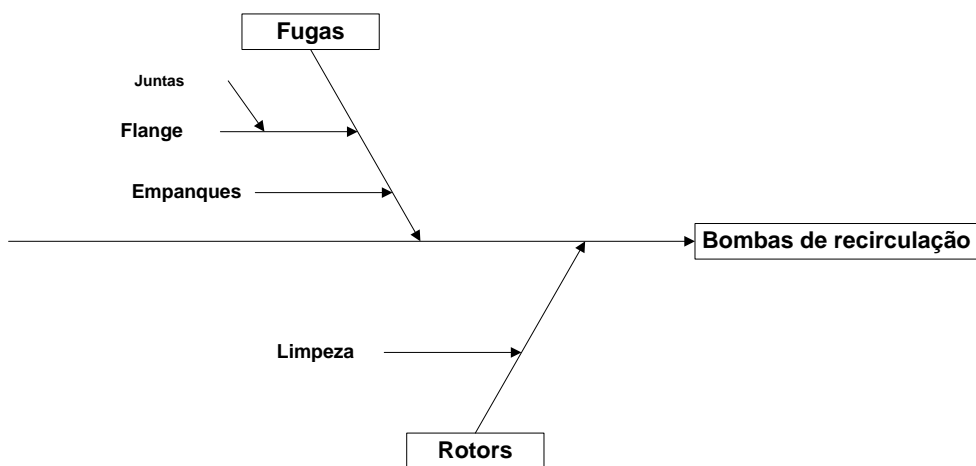


Figura 5.14 – Diagrama de Ishikawa para bombas de recirculação

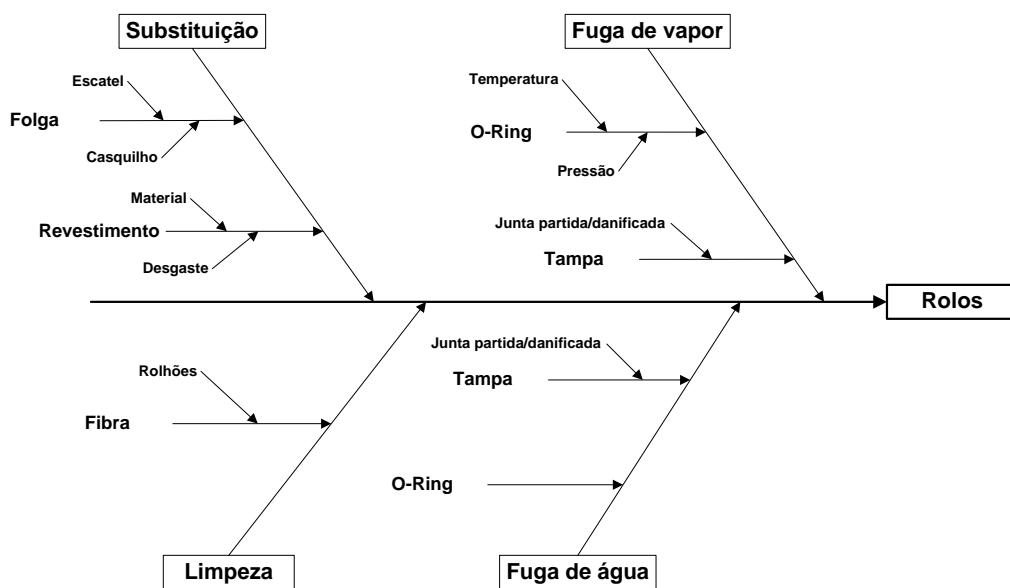


Figura 5.15 – Diagrama de Ishikawa para rolos

Para a continuidade do trabalho e de forma a ilustrar o procedimento a seguir – uma vez que as limitações do tempo não permitem a abordagem de todos os casos -, foi seleccionada uma subcategoria da categoria de manutenção “rolos” como caso de estudo. Em reuniões com os técnicos de manutenção concluiu-se que das máquinas de *Spinning* a cabeça é porventura o elemento mais crítico, tornando-se pertinente abordar este componente.

5.5. Plano de acção para um caso – Cabeças dos rolos da máquina de *Spinning*

Devido à confidencialidade dos dados envolvidos, a descrição do processo de *Spinning* carece de informações neste documento. Assim para o decorrer do trabalho apenas é apresentado um dos componentes e o seu funcionamento.

5.5.1. Descrição da cabeça da máquina de *Spinning* e respectivo funcionamento

A cabeça é um dos elementos críticos do processo produtivo da fibra acrílica na FISIFE. Pode ser considerada como o coração da máquina de *Spinning*, pois se esta falha e atendendo ao tipo de falha, pode colocar em causa a qualidade do produto ou mesmo a paragem da produção.

A cabeça é o elemento que faz o suporte, a lubrificação e dá passagem ao vapor e água dos rolos onde a fibra é traccionada, aquecida e arrefecida em cada máquina.



Figura 5.16 – Ilustração da máquina de *Spinning*

A lubrificação é feita no interior da cabeça por canais de circulação de óleo para os rolamentos que permitem a rotação do veio no seu interior (Figura 5.17).

A falha destes componentes ocorre quando se dá a falha do retentor de vedação do óleo lubrificante, e que pode ocorrer em duas situações:

- Devido à elevada temperatura do vapor que aquece os rolos, aproximadamente 210°C, que é acima do valor limite especificado para o material dos retentores (viton) provocando portanto o desgaste do retentor ao longo do tempo.
- Devido à falha do o’ring de vedação de vapor, causada pelo facto deste ser também em viton, originando a passagem de vapor entre o casquilho e o veio
- Figura 5.18), e afectando directamente o retentor.

Com o desgaste prematuro do retentor começam a ocorrer fugas de óleo que põem em causa a qualidade da produção e provocam o desgaste dos rolamentos da cabeça.

Com base no funcionamento e nos problemas mais comuns identificados dentro da categoria de rolos identificada em 5.4.7.5, construiu-se um diagrama de causa-efeito para o componente cabeça (Figura 5.19).

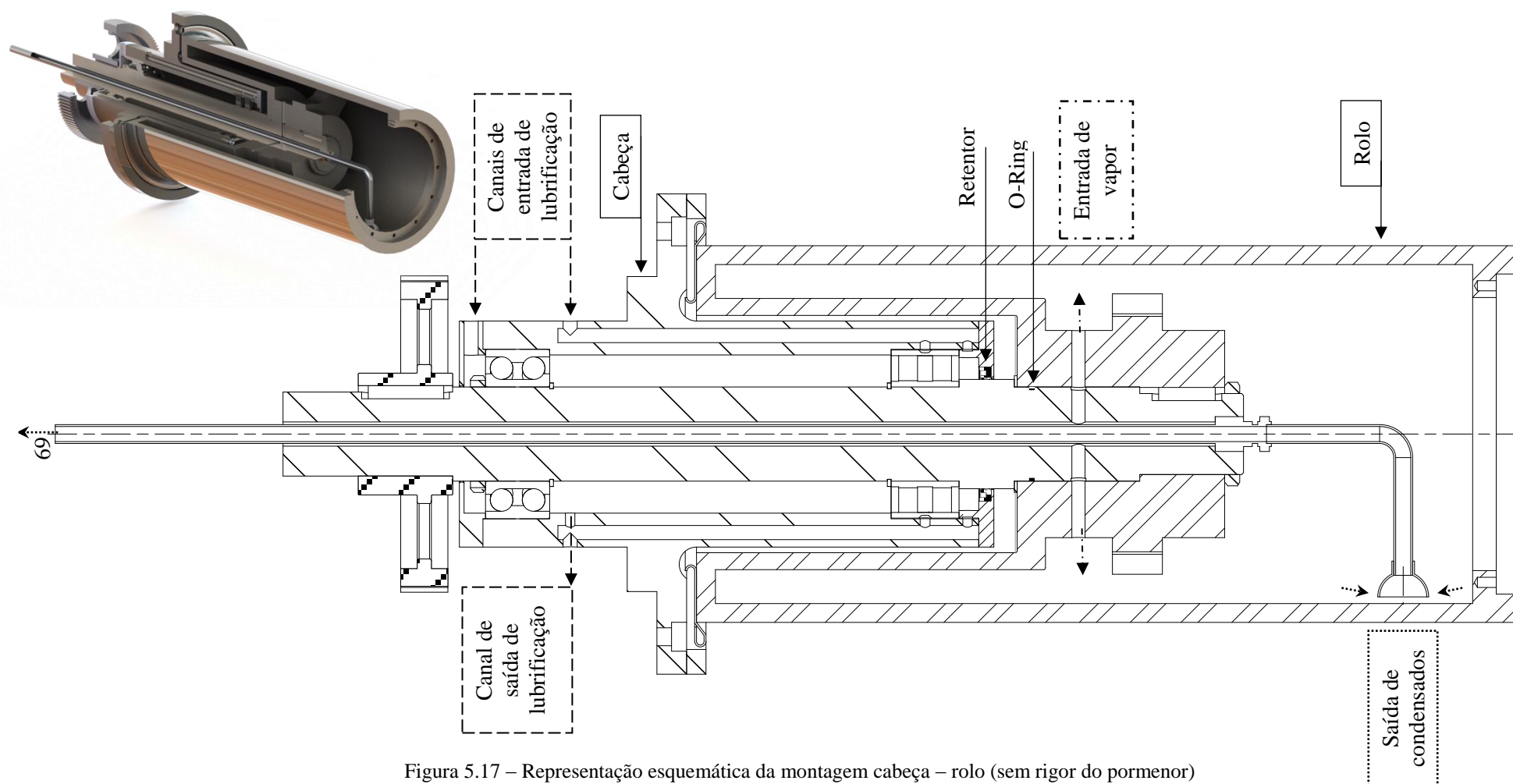


Figura 5.17 – Representação esquemática da montagem cabeça – rolo (sem rigor do pormenor)

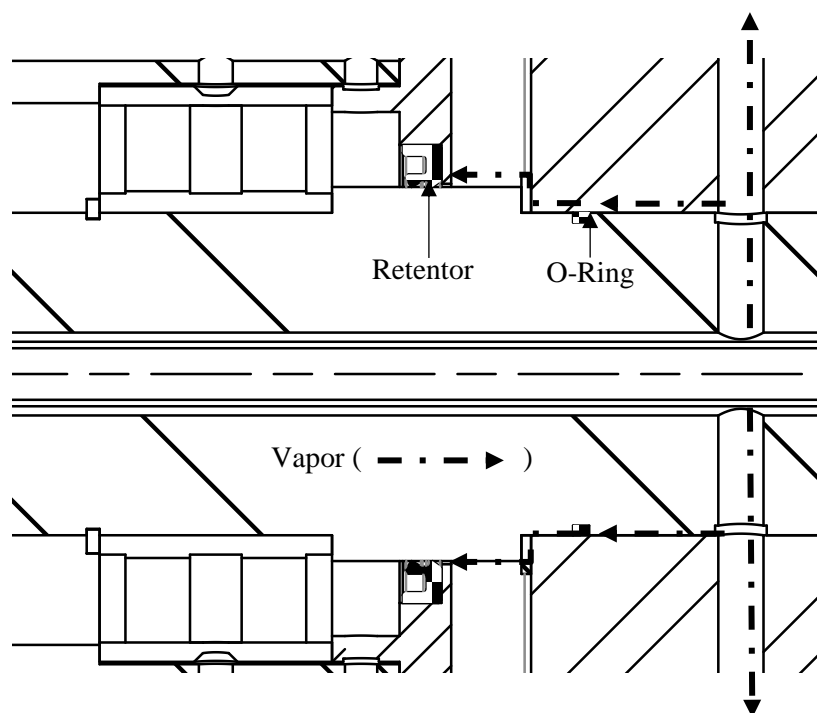


Figura 5.18 – Fuga de vapor entre os componentes

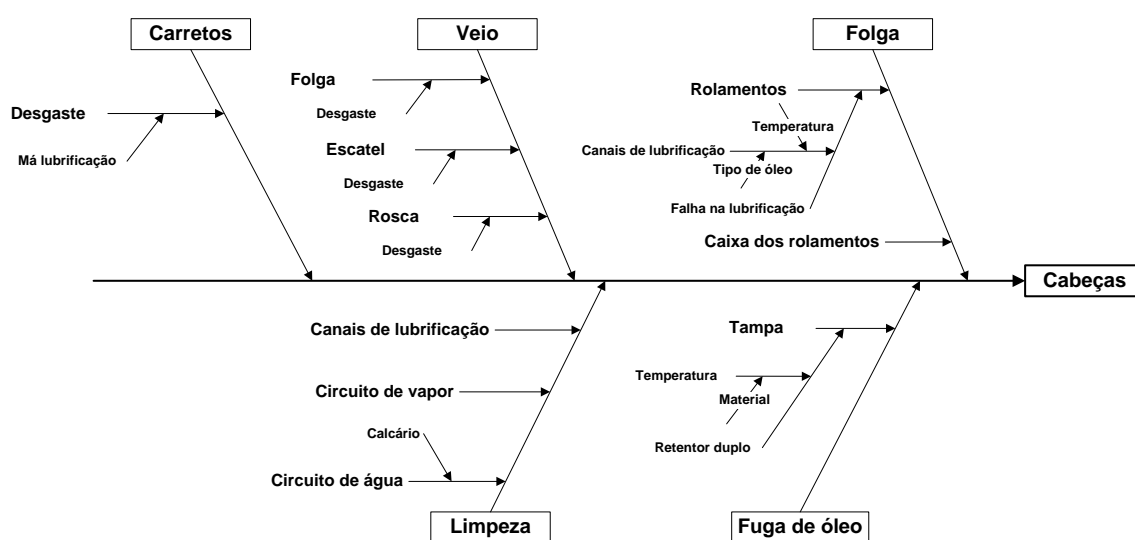


Figura 5.19 – Diagrama de Ishikawa para Cabeças

A proposta que a Figura 5.19 ilustra foi posta à consideração dos técnicos e dos engenheiros da manutenção (um total de sete pessoas) numa reunião onde foi apresentado todo o trabalho de filtragem, caracterização dos dados e diagramas resultantes. Após apresentação foi feita uma sessão de trabalho, onde se promoveu um *brainstorming* a fim de se ouvirem opiniões acerca dos problemas que realmente se verificam mais vezes, e de algumas acções que se podem tomar para solucionar ou tentar reduzir a frequência de alguns dos problemas aqui identificados. Desta forma resultou um segundo diagrama em que apenas estão representados os problemas que, do ponto de vista dos técnicos, são mais relevantes (Figura 5.20).

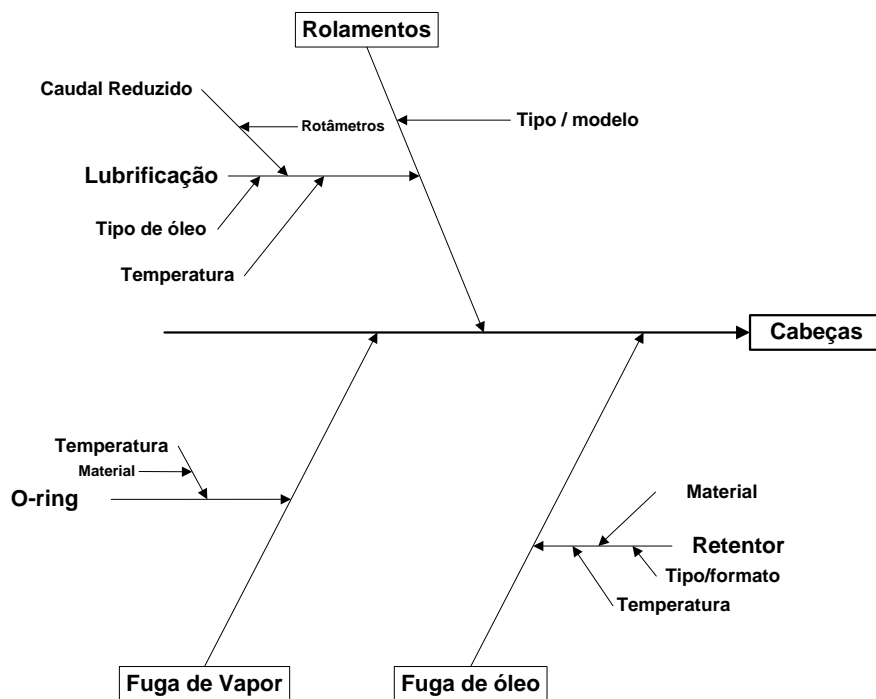


Figura 5.20 - Diagrama de Ishikawa para cabeças após *brainstorming*

Após a identificação dos modos de falha mais comuns para as cabeças das máquinas de *Spinning*, foi necessário escolher quais as tarefas de manutenção mais adequadas para a prevenção das consequências das falhas.

Com base no diagrama da Figura 5.20 e fruto de um trabalho de colaboração com a equipa técnica da manutenção, elaborou-se um plano de acção com vista à resolução desta situação crítica. Através da utilização de parte da metodologia 5W2H [22], que diz que um bom plano de manutenção deve responder às questões: o quê, porquê, como, quem, quando, onde e quanto, foi criada a Tabela 5.16 a qual apresenta um plano de acções para a resolução das falhas comuns.

Assim, o plano de acções construído tenta responder às questões: o quê, porquê, como, quando e quanto para os problemas dos rolamentos gripados, das fugas de óleo e de vapor, pois estes foram os considerados como mais importantes na acção de *brainstorming* realizada.

Tabela 5.16 – Plano de acção

Equipamento	Item	Falha	Causas		Descrição	Acções				
						O quê	Porquê	Como	Quando	Quanto
SP-101 A a Fe 501, 502 A a C	Cabeças	Rolamentos agarrados	Lubrificação	Caudal reduzido	Caudal de óleo reduzido, devido a encravamentos nos canais/tubagens, e fugas de óleo	Garantir um caudal de óleo mais elevado e constante	Garantir melhor lubrificação aos rolamentos	Implementar anel de controlo por pressão, e eliminar fugas de óleo	Out-14	4000 €
				Tipo de óleo	O tipo de óleo pode não ser o mais apropriado	Utilizar óleo com características adequadas ao processo: Elevada capacidade de detergência e limpeza, resistência a temperatura, grande capacidade de lubrificação	Maior durabilidade. Melhor lubrificação	Testar outro tipo de óleo (TM DO)	A decorrer desde finais de 2013	Comparação com custos nos últimos anos (Tabela 5.17 e Tabela 5.18)
				Temperatura	A temperatura elevada provoca a carbonização do óleo entupindo os canais de lubrificação					
		Fuga de óleo	Retentor	Tipo/formato	Podem ser testados vários tipos de retentores	Contactar fornecedores para obter propostas	Obter retentores alternativos	Envio de condições de processo/aplicação aos fornecedores	Em avaliação de custos	Em avaliação mas sem valores até à data (mapa comparativo no Anexo 2)
				Material	O material do retentor é inadequado para a temperatura de funcionamento	Testar material com resistência a temperaturas mais elevadas	Aguentar a temperatura garante uma duração mais prolongada	Aplicar algumas unidades de teste nas SPM		
				Temperatura	A temperatura provoca o desgaste prematuro, permitindo a passagem do óleo	Contactar fornecedores para obter propostas	Obter retentores alternativos	Envio de condições de processo/aplicação aos fornecedores		
		Fuga de vapor	O-Ring	A fuga de vapor proveniente do rolo provoca a falha do o-ring. O material é inadequado para a temperatura de funcionamento	Testar material com resistência a temperaturas mais elevadas	Aguentar a temperatura garante uma duração mais prolongada	Aplicar algumas unidades de teste nas SPM	A decorrer com alguns materiais em teste	Propostas em estudo no valor entre 177 e 423€ por O-Ring (mapa comparativo no Anexo 2)	

5.5.2. Análise técnico-económica de propostas de soluções alternativas

5.5.2.1. Soluções alternativas para o óleo, retentor e o-ring

O óleo actualmente utilizado em maior parte das máquinas é o BP – Castrol Tribol 800 (Anexo 3), que tem um preço considerado elevado por parte da empresa (entre 8 a 9 € por litro, ver Tabela 5.17).

Com vista à redução de custo, está em curso nas máquinas de *Spinning* um teste, desde finais de 2013, com o óleo Galp FF n.º 15218PF (designação FISIFE – TM DO) (Anexo 4) que tem um custo bem mais reduzido (entre 2 e 3€ por litro, Tabela 5.17). Verifica-se nos testes que decorrem que este novo óleo possui uma melhor resistência ao aparecimento de resíduos carbonosos quando sujeito a períodos prolongados a temperaturas elevadas. Desta forma, é previsível uma redução dos encravamentos nos canais de lubrificação. Este novo óleo também mantém as propriedades viscosimétricas durante todo período de serviço, o que permite o alargamento dos seus intervalos de mudança.

Até à data, com este novo óleo os resultados obtidos, tanto na lubrificação dos componentes das cabeças das máquinas como no aparecimento de óleo carbonizado nos canais, têm sido muito satisfatórios.

No caso do retentor, foram consultados vários fornecedores para retentores nos materiais Teflon, Kalrez e Viton. Já existem algumas respostas para os materiais Teflon e Viton mas para o material Kalrez o representante em Portugal do fabricante Dupont ainda não apresentou qualquer tipo de proposta (características do material Kalrez no Anexo 5).

Em termos de solução para o o-ring, existe uma alternativa com o material Kalrez cuja informação do fornecedor leva a crer que poderá ter uma vida útil substancialmente superior. Todavia o preço é de 177€, substancialmente superior aos 1,20€ dos actualmente usados, o que implica um estudo prévio sem o qual não faz sentido considerá-lo na proposta da solução.

5.5.2.2. Análise de viabilidade

Para a análise de viabilidade são considerados: a) os custos directos associados aos consumos anuais dos óleos em uso e em teste, bem como os trabalhos de troca de vedantes nas cabeças das máquinas de *Spinning*; b) os custos indirectos relativos à perda de qualidade na fibra associada às falhas em estudo e a quantificação da não produção devida aos trabalhos de manutenção fora do tempo estipulado.

Com base nestes custos foram criadas várias tabelas para resumir toda a informação fornecida. Na Tabela 5.17 é possível a consulta do preço de compra e respectivamente preço por litro dos óleos utilizados actualmente. Na Tabela 5.18 estão os consumos anuais para o ano de 2013 e para 2014 até à data actual, assim como a estimativa directa do valor consumido por máquina.

Tabela 5.17 – Tabela de preços de óleos

	Preço de compra/Tambor (€)	Preço/Litro (€/l)
Tribol 800/100	1.668,00	8,34
Tribol 800/220	1.774,24	8,87
TM DO	565,80	2,83

Tabela 5.18 – Consumos anuais de óleo

		Consumo de óleo (l)	Custo (€)
2013	Tribol 800/100	600	5.004,00
	Tribol 800/220	5400	47.904,48
	TM DO	1400	3.960,60
	Total	7400	56.869,08
Total por máquina		740	5.686,91
2014 (6 meses)	Tribol 800/100	3400	28.356,00
	Tribol 800/220	200	1.774,24
	TM DO	1200	3.394,80
	Total	4800	33.525,04
Total por máquina		480	3.352,50

Com base nos dados registados em SAP relativos às intervenções onde foram trocados os vedantes que dizem respeito às falhas em questão, isto é, o retentor e o o-ring, criou-se uma tabela com o valor anual estimado de trabalhos por máquina em que foram trocados estes componentes. A Tabela 5.19 apresenta os custos associados à troca de retentores para o ano 2013, tendo em conta que o trabalho era executado por duas pessoas e tinha uma duração aproximada de 45 minutos. Por curiosidade refere-se que o custo de mão-de-obra por troca de retentor é de 14,81€.

Tabela 5.19 – Custos associados à troca de retentores para o ano 2013

Mão de obra	Retentor (aprx. 7,0€)	Total	Total por Máquina
4.000,00 €	1.900,00 €	5.900,00 €	590,00 €

Para além destes custos, a ocorrência das fugas de óleo manifesta-se negativamente pela não qualidade do produto e pelos tempos de espera de reparação para este efeito, os quais estão apresentados na Tabela 5.20, chamando-se à atenção para o facto de que o óleo considerado é apenas o TM DO. Estes dados baseiam-se num consumo estimado de 9600 litros anuais.

Tabela 5.20 – Estimativa de custos associados às fugas de óleo

TM DO	9600l anuais
Fugas por máquina	2 715,84 €
Trabalhos	590,00 €
Não qualidade	5 300,00 €
Não produção	5 000,00 €
Total	13 605,84 €

Os investimentos considerados para as possíveis soluções são: 1) utilizar retentores de teflon; 2) utilizar retentores de kalrez. A Tabela 5.21 apresenta os custos associados por máquina para cada uma das soluções.

Tabela 5.21 – Estimativa do investimento para retentor de teflon e de kalrez

Investimento	Teflon	Kalrez
Preço do retentor	150 €	500 € (valor estimado)
Total por máquina	6 600,00 €	22 000,00 €
Mão de obra	651,85 €	651,85 €
Total	7 251,85 €	22 651,85 €

Com estes dados é possível estimar os tempos de amortização para as duas soluções. Para o efeito consideram-se duas situações associadas às fugas de óleo: a) eliminação de 100% das fugas; b) eliminação de 50% das fugas. É possível verificar que para o primeiro caso os tempos de amortização são 0,53 anos para o teflon e 1,66 anos para o kalrez, respectivamente; para o segundo caso os valores são 1,07 e 3,33 anos respectivamente (ver Tabela 5.22).

Tabela 5.22 – Estimativas dos tempos de amortização para as duas soluções

Teflon		Kalrez	
Admitindo que se eliminam 100% das fugas		Admitindo que se eliminam 100% das fugas	
Tempo de amortização	0,53 ano	Tempo de amortização	1,66 ano
Admitindo que se mantêm 50% das fugas		Admitindo que se mantêm 50% das fugas	
Tempo de amortização	1,07 ano	Tempo de amortização	3,33 ano

6. Conclusão

A presente dissertação teve como objecto de estudo um caso de manutenção industrial, desenvolvido em ambiente industrial em articulação com a Faculdade, que incluiu uma permanência de cinco meses numa empresa de produção de fibra sintética.

A fase início do trabalho correspondeu a um período de adaptação e conhecimento de toda a fábrica, processo de fabrico e respectivos equipamentos, bem como da organização, modo de acção e pessoas envolvidas, mais concretamente na área de gestão da manutenção da empresa.

As actividades que se seguiram foram:

- a) O levantamento do registo histórico de dados relativos a intervenções de manutenção em SAP;
- b) A organização de toda a informação de forma a possibilitar a consulta de equipamentos onde ocorreram mais avarias, onde se gastou mais dinheiro e com mais horas de trabalho;
- c) Foi criada uma lista de equipamentos mais críticos tendo em conta os três critérios (ordens, custos e horas);
- d) Foi feita uma classificação dos tipos de avarias ocorridas nessa lista de equipamentos críticos;
- e) Partiu-se para uma análise mais aprofundada apenas num dos componentes, as cabeças das máquinas de *spinning*;
- f) Criou-se um plano com algumas acções correctivas ponderadas e outras já em teste;
- g) Finalmente foram estudadas algumas das propostas a nível de investimento e tempos de amortização.

Com a organização e caracterização dos dados realizada, a FISIFE passa a estar capacitada de informação que permite apoiar decisões no sentido de acções de melhoria, que poderão vir a ser realizadas, sobre uma lista de equipamentos mais críticos e problemas mais comuns do ponto de vista da gestão da manutenção da empresa. Esta informação pode sustentar futuras análises de apoio à decisão, para uma gestão mais cuidada dos recursos. Mediante a implementação de acções correctivas e fluxos lógicos de informação concisa, podem obter-se resultados de melhoria na disponibilidade de determinados equipamentos, resultando consequentemente a diminuição dos custos, directos e indirectos, associados aos problemas e às paragens de produção.

Dado o fluxo de informação diário na empresa, para uma utilização correcta destes dados é necessário o cumprimento dos procedimentos de registo, a fim de manter actualizada a estrutura de dados criada, para que permaneça útil como ferramenta de apoio à decisão em utilizações futuras.

O estágio realizado na FISIFE foi uma experiência bastante enriquecedora, tanto a nível académico como profissional e pessoal. Foi um dos primeiros contactos com o mundo profissional e

serviu para entender que por vezes não é só a existência de bons técnicos ou de um bom sistema de gestão que são importantes para o bom funcionamento de uma empresa. Para o funcionamento correcto de qualquer unidade industrial tem que haver um forte elo de ligação entre esses dois aspectos e um entendimento constante de ambas as partes envolvidas. As reuniões realizadas de apresentação e progressão do trabalho - para a sua validação -, foram a forma mais eficaz de manter o contacto com a parte técnica e administrativa da empresa e de receber toda a aprovação e *benchmark* durante a realização deste. As idas ao “terreno” para o correcto entendimento do funcionamento dos equipamentos e dos modos de trabalho, as informações solicitadas, o ambiente fabril e as dúvidas que surgiram de certeza que servirão de base para a vida profissional futura.

7. Proposta de Melhoria

Como finalização das Conclusões será pertinente a apresentação de propostas de melhoria:

- ✓ Registrar mais detalhadamente as ocorrências no *software* de modo a que numa análise futura de dados, estes sejam de fácil estruturação e consulta, havendo a oportunidade de classificar equipamentos quanto à sua fiabilidade, pois com o registo adequado de dados é possível saber as horas de funcionamento do equipamento, e assim podem resultar análises à fiabilidade do tempo de funcionamento até à falha de determinado equipamento.
- ✓ O pessoal das áreas quando faz os pedidos não tem formação necessária para o preenchimento de todos os campos disponibilizados pelo *software*. Sugere-se uma mudança quanto ao preenchimento destes pedidos bem como acções de formação regulares sobre como e o que se deve preencher.
- ✓ O SAP em funcionamento na FISIFE permite registo de informação como:
 - Hora de início da avaria;
 - Hora de fim da avaria;
 - Consequência;
 - Equipamento afectado;
 - Duração da paragem;
 - Disponibilidade antes da avaria;
 - Disponibilidade depois da avaria;
 - Plano de manutenção, entre outros parâmetros.

Com esta informação devidamente preenchida é possível tirar conclusões quanto ao tempo de paragem da máquina assim como a perda de capital associado à falha na produção, equipamentos afectados entre outras análises detalhadas.

A proposta será fazer umas pequenas acções de formação aos funcionários que utilizam diariamente o *software* para que estes sejam capazes de utilizar o máximo de informação preenchendo a totalidade dos campos disponíveis no *software*.

Outra possibilidade será a adição de um campo de preenchimento com a categoria de avaria para rápida identificação das causas raiz bem como para análises posteriores dos dados.

8. Referências

- [1] Brito, Mário; Eurisko - Estudos, Projectos e Consultadoria, S.A., Manual pedagógico PRONACI - Manutenção, P. -. P. N. d. Q. d. C. Intermédias, Ed., AEP - Associação Empresarial de Portugal, 2003.
- [2] *NP EN 13306, Terminologia da Manutenção*, 2007.
- [3] P. DE GROOTE, Maintenance Management Manual, UNIDO - United Nations Industrial Development Organization; ILO - International Labour Office, 1992.
- [4] J. Moubray, Reliability - Centered Maintenance, 2º ed., Great Britain: Butterworth - Heinemann, 1997.
- [5] M. P. G. Martins, “Definição de metodologias de manutenção para a indústria: caso prático,” Universidade do Minho, 2007.
- [6] M. Kans, “On the utilisation of information technology for the management of profitable maintenance,” Växjö University, Sweden, 2008.
- [7] J. P. Cabral, Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática, 6ª ed., Lidel, 2006.
- [8] R. K. Mobley, L. R. Higgins e D. J. Wikoff, Maintenance Engineering Handbook, Seventh ed., McGraw Hill, 2008.
- [9] M. Monteiro, *Modulo de Formação - Organização e Gestão da Manutenção*, Oeiras: ISQ, 2009.
- [10] J. N. F. Pinto, “Implementação da metodologia TPM numa empresa de produção de elevadores,” Universidade do Minho - Escola de Engenharia, 2012.
- [11] M. Kans, “An approach for determining the requirements of computerised maintenance management systems,” *ELSEVIER - Computers in Industry*, vol. 59, pp. 32-40, 2008.
- [12] R. F. D. Caetano, “Desenvolvimento do Sistema de Gestão da Manutenção da CIPAN,” Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [13] J. P. Cabral, Gestão da Manutenção, de Equipamentos, Instalações e Edifícios, 1ª ed., Lidel, 2009.
- [14] “SAP,” [Online]. Available: <http://www.sap.com/portugal/about.html>. [Acedido em 14 Maio 2014].
- [15] “keyvision - PRIMAVERA,” [Online]. Available: <http://www.keyvision.pt/solucoes/primavera/primavera.html>. [Acedido em 13 Maio 2014].
- [16] “ManWinWin,” [Online]. Available: www.manwinwin.com. [Acedido em 16 Maio 2014].
- [17] “MAXIMO,” [Online]. Available: <http://www.ibm.com/software/products/en/maximoassetmanagement>. [Acedido em 16 Maio 2014].

- 2014].
- [18] “ENGEMAN,” [Online]. Available: <http://engeman.com.br/pt-br/o-que-e-o-engeman/>. [Acedido em 15 Maio 2014].
- [19] FISIFE, *Manual de Acolhimento*, 2014.
- [20] “FISIFE,” [Online]. Available: www.fisife.pt. [Acedido em 19 Maio 2014].
- [21] *Editorial interno FISIFE*, vol. n.º 122, Junho 2008.
- [22] [Online]. Available: <http://www.miguelando.com/consultoria-online/5w2h>. [Acedido em 12 Junho 2014].
- [23] L. Baran, F. Trojan, J. Kovaleski e A. Piechinicki, “Métodos e Ferramentas aplicados na Análise de Criticidade em Sistemas Industriais,” em *III Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*, Ponta Grossa, Brasil, 04 a 06 Dezembro de 2013.
- [24] F. M. H. Mocho, “Fiabilidade e gestão da manutenção de equipamentos portuários,” FCT - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2009.
- [25] F. S. Nowlan e H. F. Heap, *Reliability-Centered Maintenance*, Springfield: National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce., 1978.
- [26] C. O'Donoghue e J. G. Prendergast, “Implementation and benefits of introducing a computerised maintenance management system into a textile manufacturing company,” *ELSEVIER - Materials processing technology*, pp. 226-232, 2004.

Anexos

Anexo 1 – Classificação ABC

A classificação e priorização das máquinas e equipamentos numa instalação industrial constituem um papel fundamental para a escolha de uma política de manutenção adequada, segundo critérios económicos avaliados em função da criticidade do mesmo em relação ao processo [23].

O JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) recomenda a utilização da classificação ABC, como uma ferramenta para avaliar a criticidade de uma máquina ou sistema dentro de um processo industrial, mediante a utilização de um fluxograma de decisão apresentado na Figura 1 [23].

Para utilizar o fluxo, deve-se observar o sistema com base nos critérios apresentados, classificando em uma das classes (A, B ou C). Por exemplo, um sistema que durante uma falha apresente um risco alto para a segurança ou para a qualidade é automaticamente classificado como “Classe A” [23].

Após o termo da análise, a acção da manutenção é orientada para cada classe de equipamentos, sendo [23].:

Classe A: Manutenção preditiva e preventiva, análise das falhas pela manutenção com suporte da operação, tempos de melhoria, tempos focados na redução de falhas, aplicação de RCM ou FMECA.

Classe B: Manutenção preditiva e preventiva, tempos focados na redução de falhas, análise das falhas pela manutenção.

Classe C: Manutenção correctiva, manutenção preditiva e/ou preventiva em equipamentos utilitários, monitoramento das falhas para evitar recorrências.

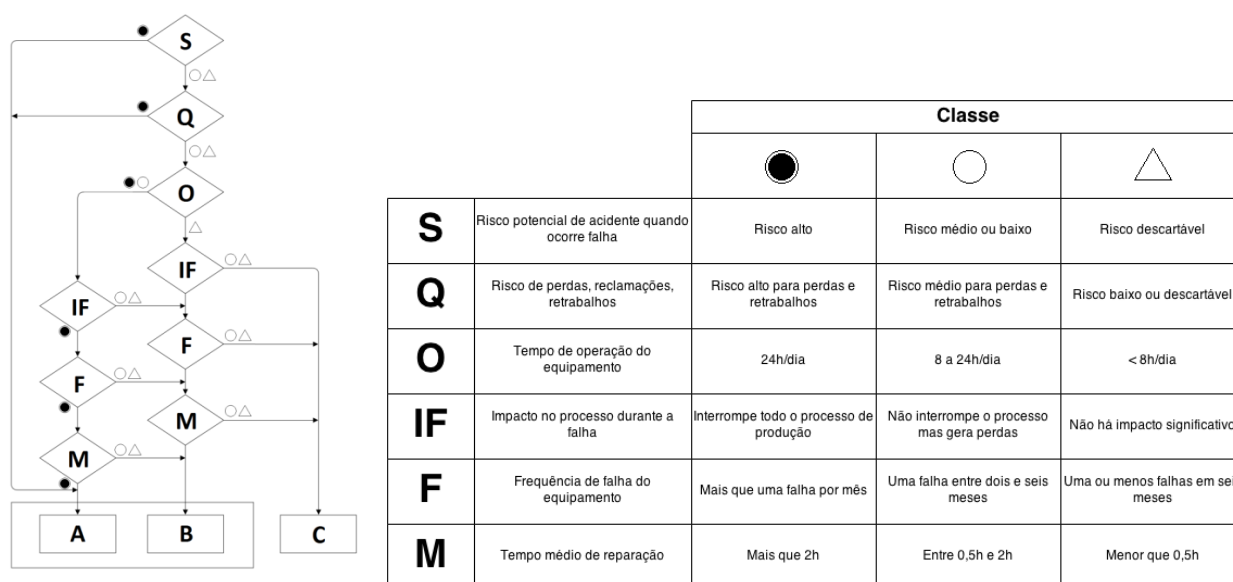


Figura 1- Fluxograma de decisão para classificação ABC [23]

Anexo 2 – Mapas comparativos de retentores e de o-rings

Retentores de óleo							
	Fornecedor	Referência	Material	Dureza veio	Rugosidade veio	Custo unitário (€)	Comentários
Normais Ø110xØ85x12 mm (36 unids)	All Seals	T-23659	Teflon	56-92 HR	8-16 RMS	-	Não apresentam cotação
	Daemar	TBA 8511012	?	?	?	-	
	AHP Seals	VS-RS19B	Teflon	55-65 HR	0,05-0,15 Ra	94,58	
	Safic Alcan		Kalrez	?	?	-	
	FTL Seals	HN 2390	Teflon	?	?	86,24	Ø110xØ85x10mm; 1 para teste
	Soc Rolamentos	SIMRIT BAVIUM6X7	Viton	?	?	26,69	
	Tecseflow	T7351C.85	Teflon	?	?	134,40	Com junta em viton
	Sove	R01-F	Teflon	55 HRC	0,05-0,3 Ra	30,00	2 para teste
Reforçados Ø140x110x12 mm (8 unids)	All Seals	T-23659	Teflon	56-92 HR	8-16 RMS	-	Não apresentam cotação
	Daemar	TBA 8511012	?	?	?	-	
	AHP Seals	VS-RS19B	Teflon	55-65 HR	0,05-0,15 Ra	153,17	
	Safic Alcan		Kalrez	?	?	-	
	FTL Seals	HN 2390	Teflon	?	?	141,37	
	Soc Rolamentos	SIMRIT BAVIUM6X7	Viton	?	?	33,35	
	Tecseflow	T7351C.85	Teflon	?	?	138,60	Com junta em viton
	Sove	R01-F	Teflon	55 HRC	0,05-0,3 Ra	-	

87

O-Rings de vapor									
	Fornecedor	Referência	Material	Dureza (Shore A)	Resistência à tracção (N/mm²)	Alongamento na rotura (%)	Compressão (%)	Custo unitário (€)	Comentários
Normais Ø60x5,3 mm (36 unids)	Actual	Viton	Viton	70	13	170	14	1,20	
	Engebrites	Kalrez K-332/Spectrum	Kalrez	75	15,16	160	30	208,12	
	Hidralvedra	Perlast G75B	Kalrez	79	19,2	160	18	280,00	
	Soc Rolamentos	Kalrez Spectrum 7075	Kalrez	75	17,91	160	15	179,50	Ø59,69x5,33mm
	Safic Alcan	Kalrez 6375	Kalrez	75	15,16	160	30	245,72	
	Tecseflow	Kalrez 0876	Kalrez	75	11	115	15	177,50	5,34mm
	PSP Global	TFE/P 80	AFLAS	80	13,79	150		4,74	5,33mm
	Atlantic Rubber	332 EPDM	EPDM	68	14,1	267	13	0,36	Ø59,69x5,33mm
	Marco Rubber	L1000 80	AFLAS	79	12,57	205		7,24	
Reforçados Ø89x5,3 mm (8 unids)	Actual	Viton	Viton	70	13	170	14	1,90	
	Engebrites	Kalrez K-332/Spectrum	Kalrez	75	15,16	160	30	371,58	
	Hidralvedra	Perlast G75B	Kalrez	79	19,2	160	18	410,00	
	Soc Rolamentos	Kalrez Spectrum 7075	Kalrez	75	17,91	160	15	320,00	Ø88,27x5,33mm
	Safic Alcan	Kalrez 6375	Kalrez	75	15,16	160	30	423,10	
	Tecseflow	Kalrez 0876	Kalrez	75	11	115	15	269,50	5,33mm
	PSP Global	TFE/P 80	AFLAS	80	13,79	150		7,15	5,33mm
	Atlantic Rubber	332 EPDM	EPDM	68	14,1	267	13	0,55	Ø88,27x5,33mm
	Marco Rubber	L1000 80	AFLAS	79	12,57	205		19,45	



Ficha Técnica

Castrol Tribol 800

Lubrificantes sintéticos para engrenagens

Descrição

Castrol Tribol™ 800 é uma gama de lubrificantes sintéticos, para engrenagens, foi desenvolvida para a lubrificação de engrenagens e chumaceiras, sujeitas a cargas elevadas e que operem numa larga gama de temperaturas, desde a temperatura ambiente até temperaturas elevadas (>80°C/176°F). Estes lubrificantes são particularmente concebidos para permitir o aumento de vida útil, quer do lubrificante quer do equipamento, quando forem detectadas temperaturas, de operação e de reservatório do óleo, que excedam o espectável. As características, da gama de produtos Castrol Tribol 800, são obtidas com fluidos de base sintéticos, polialquilenoglicol (PAG). O seu comportamento químico e estabilidade térmica, elevado índice de viscosidade, solubilidade em água, e compatibilidade, com metais e elastómeros mais utilizados na construção de máquinas, permitem-lhe um bom desempenho.

A elevada resistência, natural, dos fluidos de base sintética associada com inibidores de corrosão assegura uma protecção eficaz mesmo em presença de água. A combinação com um pacote de aditivos, melhoradores do desempenho, permite a obtenção de características, anti-desgaste e extrema pressão (EP), elevadas.

Aplicação

A gama Castrol Tribol™ 800 é especialmente adequada a reservatórios e sistemas de circulação que operem a temperaturas elevadas, resultantes de calor gerado em operações severas, ou temperaturas de aplicação elevadas. Castrol Tribol 800 destinam-se a todos os tipos de engrenagens, fortemente carregadas, incluindo engrenagens de dentes direitos, engrenagens cónicas e engrenagens sem-fim.

Ainda que adequado a todos os tipos de sistemas de engrenagens, a gama Tribol 800 é particularmente eficaz no controlo do desgaste reduzindo o atrito entre as duas superfícies deslizantes. Adicionalmente possuem um elevado grau de afinidade para os compostos de cobre.

Vantagens

- As bases sintéticas possuem um índice de viscosidade elevado pelo que não existe necessidade de utilizar aditivos melhoradores. O elevado índice de viscosidade, natural, do Castrol Tribol assegura uma protecção, completa, dos componentes numa larga gama de temperaturas de trabalho, velocidades e cargas.
- Devido à resistência, natural, ao envelhecimento e à oxidação, dos fluidos de base sintética, é possível a sua utilização por períodos mais alargados. A avançada tecnologia do Castrol Tribol permite combater a fricção formando um filme anti-desgaste que permite reduzir, significativamente, as temperaturas no ponto onde os dentes da engrenagem ou as superfícies das chumaceiras entram em contacto.
- Maior protecção em condições severas de serviço. A utilização do Tribol 800 permite uma protecção EP acrescida por comparação as capacidades dos óleos minerais convencionais.
- Protecção do desgaste sob condições extremas de oscilação da temperatura e cargas elevadas.
- Elevada eficiência e temperaturas de óleo mais baixas especialmente em unidades de engrenagens sem-fim.
- Elevada protecção, da corrosão, graças ao um pacote especial de aditivos, mesmo em presença de água.
- Compatibilidade com metais não-ferrosos graças a aditivos sinérgicos bem concebidos.
- Poupança de energia como resultado de um baixo coeficiente de atrito.
- Aumento significativo da vida útil do lubrificante e consequentemente redução dos custos de manutenção.

Características típicas

Teste	Método	Unidades	800/100	800/150	800/220	800/320	800/460	800/680	800/1000	800/1500	800/2200
ISO Viscosidade	ASTM D 2422	-	100	150	220	320	460	680	1000	1500	2200
Nº AGMA	-	-	3EP	4EP	5EP	6EP	7EP	8EP	8AEP	-	-
Gravidade específica @ 60°F	ASTM D 1298	g/cm³	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,06	1,06	1,06
Densidade a + 15°C	ISO 12185 / ASTM D4052	g/ml	1,05	1,056	1,07	1,074	1,075	1,075	1,074	1,06	1,06
Viscosidade cinemática	ASTM D 445	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
@ 40°C		mm²/s	100	150	220	320	460	680	1000	1500	2200
@ 100°C		mm²/s	20	29	38	59	80	113	157	237	372
Índice de Viscosidade	ASTM D 2270		205	225	225	253	254	271	284	296	325
Viscosidade cinemática	ISO 3104 / ASTM D445										
@ 40°C		mm²/s	100	150	220	320	460	680	1000	1500	2200
@ 100°C		mm²/s	20	26	34	50	72	112	152	237	372
Viscosity Index	ISO 2909 / ASTM 2270		205	210	215	230	240	260	275	296	325
Ponto de Inflamação, COC	ISO 2592 / ASTM D92	°C	280	280	290	290	290	290	300	305	271
Ponto de fluxo	ISO 3016 / ASTM D97	°C	-42	-36	-33	-30	-30	-27	-24	-9	-21
Corrosão cobre (3 hrs @ 100°C)	ISO 2160 / ASTM D130	-	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a
Teste Ferrugem Procedimento A (24 hrs água destilada)	ISO 7210 / ASTM D665	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass
Ensaio de desgaste de 4 esferas											
(40 kg, 75°C/167°F, 1800 rpm, 1 hr) diâmetro do desgaste		mm	-	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34
Ensaio 4 esferas Extrema Pressão	ASTM D 2783	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Índice carga de desgaste		kgf	35	35	35	35	35	35	35		97
Carga de soldadura		kgf	200	200	200	200	200	200	200		315
Carga de soldadura – 4 esferas	DIN 51350-02	N	1600/1800	1600/1800	1600/1800	1800/2000	1800/2000	1800/2000	1800/2000		2600/2800
Teste desgaste 4 bolas Diâmetro de desgaste	DIN 51350-03-B	mm	0,27								
Teste desgaste Falex, ASTM D 2670, desgaste de dente			2	2	2	2	2	2	2	2	2
Teste F ZG, (A/8.3/90)	DIN 51354		>12								
Teste F ZG micropitting	FVA No. 54		>10								
Espuma Seq. I	ISO 6247 / ASTM D692	mls	0/0								
A relação viscosidade - temperatura destes fluidos sintéticos não é uma linha recta no diagrama viscosidade – temperatura usado nos Métodos de ensaio ASTM D341 e DIN 51536.											

Os valores acima indicados são típicos sujeitos às tolerâncias, usuais, de produção.

De notar que os valores a azul são valores USA para a Gravidade específica e Viscosidade. Na Europa esses valores são substituídos pelos valores a preto.

Informação Adicional

Os lubrificantes de engrenagens sintéticos Tribol 800 são solúveis em água, por isso os derrames podem ser limpos com água. Não são compatíveis com lubrificantes de base mineral.

As condensações são absorvidas não provocando corrosão ou alteração da viscosidade. É recomendável a limpeza dos sistemas de lubrificação, com óleo de lavagem ou Tribol 800, antes do primeiro enchimento.

De modo a poder fazer ciclos de mudança alargados e obter vantagens económicas os sistemas devem manter-se livres de contaminantes.

A gama Tribol 800 é compatível com a maioria dos vedantes incluindo Viton A e nitrilo ou Buna N (NBR) . Esta gama NÃO É COMPATÍVEL com neoprene (Policloroprene) e vedantes de butadieno - misturas de polímeros, estireno-butadienos , poliestireno, ou metacrilatos.

Castrol, Tribol, e Castrol logo e marcas de Castrol Limitada, usada sob licença

Os valores acima indicados são típicos, obtidos com tolerâncias normais de produção e não constituem uma especificação. A informação contida nesta ficha é considerada correcta à data da sua publicação. Não se assume, contudo, qualquer tipo de responsabilidade, tácita ou expressa, relativa à exactidão dos dados e informações nele contidos. Cabe ao utilizador avaliar e utilizar os produtos em perfeitas condições de segurança, devendo agir em conformidade com as leis e normas vigentes. Nenhuma das afirmações contidas neste folheto deverá ser interpretada como autorização ou recomendação, expressa ou tácita, para utilizar uma invenção patenteada sem a necessária licença.

A Companhia não se responsabiliza por quaisquer danos ou lesões resultantes do uso indevido do material, do incumprimento das recomendações, ou de riscos inerentes à sua própria natureza.

BP Portugal - Comércio de Combustíveis e Lubrificantes, S.A.
Engineering & Technical Support
Lagoas Park - Edifício 3
2740-244 Porto Salvo
www.castrol.com/industrial

Tel. : 21 389 2737
Fax : 21 389 1482

Site: www.castrol.com

Castrol Tribol 800/2200

Galp FF N°15218PF

Lubrificante de alta performance, especialmente recomendado para a lubrificação de sistemas de circulação severos onde existam caudais de lubrificação reduzidos limitando o aparecimento de resíduos carbonosos e onde a necessidade de um lubrificante com uma elevada estabilidade à oxidação e poder de limpeza sejam críticos.

Recorre à utilização de um conjunto de tecnologia sintética, com uma escolha selectiva de óleos base e um pacote de aditivos de última geração.

Propriedades

- Mantém praticamente inalteráveis as suas características viscosimétricas durante o período de serviço, permitindo satisfazer intervalos de mudança de óleo muito alargados.
- Excelentes propriedades antidesgaste.
- Elevado poder antioxidante.
- Elevado poder de limpeza, limitando o aparecimento de resíduos carbonosos a altas temperaturas.
- Excelente estabilidade térmica a temperaturas elevadas.

Características Principais

(valores típicos)

Massa Volúmica a 15 °C, kg/l (D 1298/D 4052)	0,874
Ponto de Inflamação, °C (D 92)	232
Ponto de Fluxão, °C (D 97/D 6892)	- 30
Viscosidade Cin. a 40 °C, mm²/s (D 445/D 7042)	98,5
Viscosidade Cin. a 100 °C, mm²/s (D 445/D 7042)	14,58
Índice de Viscosidade (D 2270)	154
Número de Basicidade, mgKOH/g (D 2896)	12,5



FPC 658 - Abril 2010

GO

Proteja o meio ambiente: não deposite os óleos usados nos esgotos, cursos de água ou solo.

GL.15003-



Anexo 5 – Características do material – Kalrez

DuPont™ Kalrez®

Perfluoroelastomer Parts

Physical Properties and Product Comparisons

Technical Information—Rev. 11, September 2012

DuPont™ Kalrez® perfluoroelastomer parts are available in a number of different compounds that are formulated to optimize properties to give the best possible performance in various applications. Modification of the finished properties is achieved by use of fillers and other additives.

Table 1 summarizes the basic physical properties of the most commonly used Kalrez® products for the chemical and hydrocarbon processing industries. Descriptions of the key attributes for each product and their general areas of application follow.

Table 1. Typical Physical Properties¹

DuPont™ Kalrez® Products	Standard			Specialty				
	6375	7075	4079	6380	7090	0090	0040	1050LF
Maximum Application Temp ² ,								
°C	275	327	316	225	325	250	220	288
°F	527	620	600	437	617	482	428	550
Durometer Hardness, Shore A ³ , points ±5	75	75	75	80	90	95	70	82
100% Modulus ⁴ , MPa	7.24	7.58	7.24	6.89	(50% Modulus) 15.51	(50% Modulus) 14.20	6.61	12.40
psi	1,050	1,100	1,050	1,000	2,250	2,060	960	1,800
Tensile Strength at Break ⁴ , MPa	15.16	17.91	16.88	15.86	22.75	19.51	13.72	18.60
psi	2,200	2,600	2,450	2,300	3,300	2,830	1,990	2,700
Elongation at Break ⁴ , %	160	160	150	160	75	80	180	125
Compression Set ⁵ , % 70 hr at 204 °C (400 °F)								
Tr10 ⁶ ,	25	12	25	38	12	40	38	35

¹ Not to be used for specifications

² DuPont proprietary method; performance will vary with seal design and application specifics

³ ASTM D2240

⁴ ASTM D412, 500 mm/min (20 in/min)

⁵ ASTM D395 – Method B, pellets

⁶ ASTM 1329



The miracles of science™

Standard Products

DuPont™ Kalrez® Spectrum™ 6375 is a carbon black-filled product for general use in O-rings, seals, diaphragms and other parts specifically for the chemical process industry. This product has excellent broad chemical resistance, good mechanical properties, and outstanding hot-air aging properties. Kalrez® Spectrum™ 6375 is well suited for use in mixed process streams because of its excellent resistance to acids, bases, and amines. It is also recommended for use in hot water, steam, pure ethylene oxide and propylene oxide.

DuPont™ Kalrez® Spectrum™ 7075 has enhanced physical properties including very low compression set and improved seal force retention. It is a carbon black-filled product utilizing proprietary cure chemistry. Its mechanical properties are designed for improved sealing performance in both high temperature environments and temperature cycling situations. Kalrez® Spectrum™ 7075 O-rings have a glossy finish. This product was specifically developed for the chemical and hydrocarbon industries to provide improved chemical and thermal resistance better than the industry standard set by Kalrez® 4079.

DuPont™ Kalrez® 4079 is a low compression set product for general-purpose use in O-rings, diaphragms, seals, and other parts used in the process and aircraft industries. It is a carbon black-filled product with excellent chemical resistance, good mechanical properties, and outstanding hot air aging properties. It exhibits low swell in organic and inorganic acids and has good response to temperature cycling effects. This product is not recommended for use in hot water/steam applications or in contact with certain hot aliphatic amines, ethylene oxide, or propylene oxide.

Specialty Products

Note: Before ordering Kalrez® parts in specialty products, please consult with DuPont or its authorized distributor technical staff to determine properties needed for the application. Specialty products are generally not held in inventory.

DuPont™ Kalrez® Spectrum™ 6380 is a non-black product specifically developed for chemical processes involving hot, aggressive amines. It has also been successfully used in applications involving highly oxidizing chemicals. In addition, it has excellent overall chemical resistance. This cream colored product is easily identifiable when selecting an O-ring material for harsh chemical plant services.

DuPont™ Kalrez® Spectrum™ 7090 is a product for uses requiring higher hardness/higher modulus than more typical applications. Kalrez® Spectrum™ 7090 perfluoroelastomer parts are well suited for both static and dynamic applications as well as specific sealing applications requiring extrusion resistance at high temperatures. These specialty black parts have excellent thermal and mechanical properties, including excellent compression set and seal force retention, resistance to temperature cycling effects, and rapid gas decompression (RGD). Short excursions to higher temperatures may also be possible.

DuPont™ Kalrez® 0090 is a black product with broad chemical resistance combined with high modulus and high hardness. Kalrez® 0090 parts have outstanding resistance to extrusion and rapid gas decompression (RGD). This product has been independently tested and certified by the Materials Engineering Research Laboratory (MERL – UK) to meet NORSOK-M-710 Rev 2 requirements.

DuPont™ Kalrez® Spectrum™ 0040 is a black product specifically designed for low temperature environments where significant chemical resistance is required. Kalrez® Spectrum™ 0040 parts maintain elasticity and seal force at temperatures unattainable by other perfluoroelastomers.

DuPont™ Kalrez® 1050LF is a carbon black-filled product for O-rings, seals, and other parts used in chemical process industries. It has good hot water/steam, and excellent amine resistance. Kalrez® 1050LF is not recommended for use in organic acids, or inorganic acids at high temperatures.

Other Properties

Other properties, such as coefficients of friction, thermal conductivity, electrical and permeability may be of interest for specific applications. For more detailed information, please refer to the DuPont™ Kalrez® Application Guide available for download at <http://www.dupontelastomers.com/kag>.

Product Safety

Highly toxic products can be generated when Kalrez® parts are exposed to fire or temperatures in excess of 400 °C so respiratory equipment should be used if ventilation is inadequate. Kalrez® parts are incompatible and should not be exposed to alkali metals or interhalogen compounds. Please consult "Guide For Safety In Handling Kalrez® Perfluoroelastomer Parts" (KZE-A10301) for additional information.

Visit us at kalrez.dupont.com or vespel.dupont.com

Contact DuPont at the following regional locations:

North America	Latin America	Europe, Middle East, Africa
800-222-8377	+0800 17 17 15	+41 22 717 51 11
Greater China	ASEAN	Japan
+86-400-8851-888	+65-6586-3688	+81-3-5521-8484

The information set forth herein is furnished free of charge and is based on technical data that DuPont believes to be reliable and falls within the normal range of properties. It is intended for use by persons having technical skill, at their own discretion and risk. This data should not be used to establish specification limits nor used alone as the basis of design. Handling precaution information is given with the understanding that those using it will satisfy themselves that their particular conditions of use present no health or safety hazards. Since conditions of product use and disposal are outside our control, we make no warranties, express or implied, and assume no liability in connection with any use of this information. As with any product, evaluation under end-use conditions prior to specification is essential. Nothing herein is to be taken as a license to operate or a recommendation to infringe on patents.

Caution: Do not use in medical applications involving permanent implantation in the human body. For other medical applications, discuss with your

DuPont customer service representative and read Medical Caution Statement H-50103-3.

Copyright © 2012 DuPont. The DuPont Oval Logo, DuPont™, The miracles of science™, Kalrez®, Spectrum™, and Vespel® are trademarks or registered trademarks of E. I. du Pont de Nemours and Company or its affiliates. All rights reserved.

(04/08) Reference No. KZE-H68254-00-K0912

